MARINE BIOLOGICAL LABORATORY
WOODS HOLE
LIBRARY
MASS.

# Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen

herausgegeben

von der

## Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel

und der

## Biologischen Anstalt auf Helgoland.

---

Im Auftrage des

Königl. Ministeriums für Landwirtschaft, Domänen und Forsten und des Königl. Ministeriums der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten.

---

Neue Folge. Achter Band.

Abteilung Kiel.

Mit 5 Tafeln, 4 Karten, 15 graphischen Darstellungen, 31 Tabellen und 286 Figuren und Karten im Text.

Kiel und Leipzig.
Verlag von Lipsius & Tischer.
1905.

0606

Druck von Schmidt & Klaunig, Kiel.

Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen.
Neue Folge. Achter Band. Abteilung Kiel.

# Inhalt.

Seite

Junge Butt (Schollen, *Pleuronectes platessa*) in der Ostsee. Mit 10 Textfiguren. Von C. Apstein . 1

Über das Vorkommen und die Verbreitung stickstoffbindender Bakterien im Meere. Mit 5 Textfiguren. Von J. Keutner . . . . . 27

Untersuchungen über das Prankreas der Knochenfische. Mit Tafel I. u. II. Von A. Krüger . . . 57

Über quantitative Bestimmung von Stickstoffverbindungen im Meerwasser nebst einem Anhang über die quantitative Bestimmung der im Meerwasser gelösten Kieselsäure. Mit 2 Karten und 3 Textfiguren. Von E. Raben . . . . . 81

Die Schätzungsmethode in der Planktonforschung. Mit 2 Figuren und 2 Karten im Text. Von C. Apstein. . . . . 103

Zweiter Beitrag zur Bestimmung und Verwertung des Gasgehaltes des Meerwassers. Mit 1 Karte im Text und Tafel III. Von E. Ruppin . . . . . 125

Die vertikale Temperaturverteilung im Weltmeere durch Wärmeleitung. Von G. Wegemann . . . 135

Faunistisch-biologische Untersuchungen über Amphipoden der Nordsee, I. Teil. Mit Tafel IV und V und 1 Karte im Text. Von J. Reibisch . . . . . 145

Beiträge zur Kenntnis der Strömungen der westlichen Ostsee. Mit 2 Karten, 12 graphischen Darstellungen und 29 Tabellen. Von R. Kohlmann . . . . . 189

Untersuchungen über die Strömungen des Atlantischen Ozeans. Die Dichte- und Windverhältnisse. Mit 2 Tabellen, 3 graphischen Darstellungen und 2 Karten. Von G. Castens . . . . 239

Weitere Mitteilungen über quantitative Bestimmungen von Stickstoffverbindungen und von gelöster Kieselsäure im Meerwasser. Mit 2 Karten im Text. Von E. Raben . . . . . 277

## Ergänzungsheft.

Botanisch-geologische Streifzüge an den Küsten des Herzogtums Schleswig. Mit 257 Abbildungen im Text. Von J. Reinke . . . . . 1

28194

# Junge Butt (Schollen, Pleuronectes platessa) in der Ostsee.

Von

Dr. C. Apstein-Kiel.

Dazu 10 Textfiguren.

In seinem Report of the Danish Biological Station für 1893 (pag. 10. 11) erwähnte C. G. Joh. Petersen, daß er nördlich der dänischen Inseln sehr viel junge Butt gefunden hat, dagegen südlich der Inseln nur ganz vereinzelte Individuen. Er ließ es dahingestellt sein, ob dieses jedes Jahr so ist; und wenn dieses der Fall sei, so mußten die älteren Butt in die Ostsee einwandern, da sie dort zahlreich gefangen werden. Ebensowenig konnten die jungen Butt in den Jahren 1894/95 in der Ostsee gefunden werden.

Da der Butt in der westlichen Ostsee eine so große Rolle spielt, so war es nicht zu verstehen, daß unser ganzer Bestand nur aus eingewanderten Tieren bestehen sollte. Ich trat daher schon im Jahre 1893 dieser Frage näher und machte eine Untersuchungsfahrt nach Eckernförde[1]) (17./18. Aug. 1893) fand aber auch keine Butt, nur 153 Flunder. Durch andere Arbeiten wurde ich verhindert vorerst die Frage weiter zu verfolgen. Im Jahre 1895 erhielt ich im August unter 556 jungen Plattfischen 552 Flunder und nur 4 Butt.

Vom Jahre 1897 an verfolgte ich dann die Frage näher. Unterdessen erschienen Mitteilungen von Mortensen[2]) und Duncker[3]), die die bisherigen Resultate bestätigten, daß junge Butt nur ganz gelegentlich in vereinzelten Exemplaren in der Ostsee zu finden sind.

Vom Juli 1897 an ließ ich mir von Eckernförde bisher 11 mal junge Plattfische senden und fand darunter zahlreiche Platessa, Butt. Die Sendungen enthielten:

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VII. 1897 | Butt | 164 | Flunder | 211 | Steinbutt | 4 | Glattbutt | 0 | Zunge 0 |
| VIII. 1897 | „ | 150 | „ | 731 | „ | 27 | „ | 3 | „ 0 |
| IX. 1897 | „ | 26 | „ | 1013 | „ | 20 | „ | 0 | „ 0 |
| X. 1897 | „ | 171 | „ | 812 | „ | 11 | „ | 0 | „ 1 |
| XI. 1897 | „ | 86 | „ | 176 | „ | 0 | „ | 0 | „ 0 |
| VI. 1898 | „ | 1409 | „ | 78 | „ | 0 | „ | 0 | „ 0 |
| IX. 1898 | „ | 5 | „ | 65 | „ | 0 | „ | 0 | „ 16 |
| 14. IX. 1898 | „ | 48 | „ | 85 | „ | 0 | „ | 0 | „ 56 |
| VI. 1899 | „ | 295 | „ | 0 | „ | 0 | „ | 0 | „ 1 |
| VIII. 1899 | „ | 51 | „ | 84 | „ | 63 | „ | 0 | „ 0 |
| IX. 1899 | „ | 108 | „ | 21 | „ | 5 | „ | 0 | „ 0 |

Da unter dem untersuchten Materiale sich Tiere von 10 mm an befanden, so ließ sich die Bestimmung nur nach den Flossenstrahlen vornehmen. Größere Tiere (von 30 mm an) waren leichter zu bestimmen, nach Glätte und Rauheit der Haut, linksäugige waren alles Flunder, während unter den rechtsäugigen sich Butt und Flunder gemischt fanden (von den anderen Plattfischen sehe ich hier vorläufig ab).

Gleichzeitig vorgenommene Untersuchungen der freischwimmenden Eier zeigten, daß im März, April 1897 Butteier zahlreich trieben, während im Mai 1897 keine Eier aber Larven gefunden wurden. Am 4. März 1898 fanden sich sehr zahlreiche Butteier (siehe unten pag. 14) in der Kieler Bucht, am

---

[1]) Mitteilungen des deutschen Seefischerei-Vereins 1894. Nr. 5. Mai.
[2]) „ „ „ „ „ 1897. Nr. 5.
[3]) „ „ „ „ „ 1897. Nr. 1.

18. März 1898 aber kein einziges, wohl als Folge davon, daß am 15.—18. März der Salzgehalt an der Oberfläche nur 13,8—14,9 ‰ war, in der Tiefe 17—17,9 ‰. Da die Butteier nach Hensen[1]) einen Salzgehalt von 17,8 ‰ zum Schwimmen verlangen, so hätten sich nur am 18. März in den allertiefsten Schichten über dem Boden Eier finden können. Daß dieses zeitweilige Sinken des Salzgehaltes aber keinen dauernden schädigenden Einfluß auf den Buttbestand ausgeübt hat, zeigt die hohe Zahl junger Butt am 25. Juni 1898: Unter den 1409 Butt fanden sich solche von 12 mm bis 59 mm, im Mittel von 21,53 mm. Unter diesen Butt waren zahlreicher aber nur die Größen von 13—30 event. 35 mm vertreten und zwar in je 19—188 Exemplaren von 13—30 mm, in je 5—9 Exemplaren von 30—35 mm, während über 35 mm nur vereinzelte Exemplare sich fanden.

## Pleuronectes platessa, Butt, Scholle.

In der untenstehenden Tabelle sind die Zahlen der in jedem Monat gefangenen jungen Butt angegeben. Zu dieser Tabelle habe ich zu bemerken, daß die Butt vom 25. Juni 1898 auf folgende Weise bestimmt wurden. Unter 159 Plattfischen von 11—33 mm, bei denen die Flossenstrahlen gezählt wurden, fanden sich nur Butt, keine Flunder. Die 104 größeren (größer als 33 mm) verteilen sich auf Butt und Flunder. Dann blieben noch 1224 Plattfische von 11—29 mm. Da die genau bestimmten Plattfische dieser Größe alles Butt waren, und da sich unter diesen 1224 Exemplaren keine linksäugen befanden, so wurden sie alle zu Butt gestellt. Da, wie ich unten zeigen werde, das Minimum der linksäugigen Flunder 34,6 % beträgt, so ist die Wahrscheinlichkeit, daß sich unter den 1224 Plattfischen noch einige Flunder befanden, so gering, daß ein eventueller Fehler nicht in Betracht kommt (siehe Anhang pag. 24).

**Tabelle über die Anzahl der in den einzelnen Monaten gefangenen jungen Platessa.**

Nach der Länge geordnet.

| | 1895 | 1897 | | | | | 1898 | | 1899 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mm | 10. VIII. | 11. VII. | 10.—13. VIII. | 10.—13. IX. | 9.—13. X. | 30. XI. | 25. VI. | 14. IX. | 31. V. 2./3. VI. | 3.—5. VIII. | 24.—26. IX. |
| 11 | — | — | — | — | — | — | 2 | — | — | — | — |
| 12 | — | — | — | — | — | — | 5 | — | 6 | — | — |
| 13 | — | — | — | — | — | — | 14 | — | 13 | — | — |
| 14 | — | — | — | — | — | — | 36 | — | 38 | — | — |
| 15 | — | — | — | — | — | — | 61 | — | 51 | — | — |
| 16 | — | — | — | — | — | — | 122 | — | 61 | — | — |
| 17 | — | — | — | — | — | — | 167 | — | 49 | — | — |
| 18 | — | — | — | — | — | — | 188 | — | 24 | — | — |
| 19 | — | — | — | — | — | — | 162 | — | 13 | — | — |
| 20 | — | — | — | — | — | — | 124 | — | 9 | — | — |
| 21 | — | — | — | — | — | — | 115 | — | 5 | — | — |
| 22 | — | 2 | — | — | — | — | 88 | — | 5 | — | — |
| 23 | — | — | — | — | — | — | 60 | — | 3 | — | — |
| 24 | — | 1 | — | — | — | — | 44 | — | 5 | — | — |
| 25 | — | 1 | — | — | — | — | 48 | — | 1 | — | — |
| 26 | — | 3 | — | — | — | — | 32 | — | 6 | — | — |
| 27 | — | 2 | — | — | — | — | 22 | — | 3 | — | — |
| 28 | — | 5 | — | — | — | — | 26 | — | 1 | — | — |
| 29 | — | 3 | — | — | — | — | 26 | — | 2 | — | — |
| 30 | — | 5 | 1 | — | — | — | 19 | — | — | — | — |
| 31 | — | 2 | — | — | — | — | 6 | — | 2 | 1 | — |
| 32 | — | 7 | 1 | — | — | — | 9 | — | — | — | — |
| 33 | — | 3 | — | — | — | — | 7 | — | 2 | 1 | — |
| 34 | — | 3 | 1 | — | — | — | 5 | — | — | — | — |
| 35 | 1 | 3 | 2 | — | — | — | 5 | — | — | 1 | — |
| zu übertragen | 1 | 40 | 5 | — | — | — | 1393 | — | 299 | 3 | — |

[1]) Hensen. Über das Vorkommen und die Menge der Eier einiger Ostseefische, insbesondere derjenigen der Scholle *(Platessa platessa)* der Flunder *(Platessa vulgaris)* und des Dorsches *(Gadus morrhua)*. 4. Bericht d. Kommission z. wiss. Unters. d. deutschen Meere in Kiel. Jahrg. 7—11. 1884.

| mm | 1895 | 1897 | | | | | 1898 | | 1899 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10. VIII. | 11. VII. | 10.—13. VIII. | 10.—13. IX. | 9.—13. X. | 30. XI. | 25. VI. | 14. IX. | 31. V. 2./3. VI. | 8.—5. VIII. | 24.—26. IX. |
| Übertrag | 1 | 40 | 5 | — | — | — | 1393 | — | 299 | 3 | — |
| 36 | | 2 | 1 | | | | | | | — | — |
| 37 | | 2 | 3 | | 2 | | 2 | 1 | | 3 | 1 |
| 38 | | 4 | 6 | | | | 2 | | 1 | 2 | |
| 39 | | 1 | 3 | | 1 | | 1 | | | 4 | 1 |
| 40 | | — | 7 | | 1 | | 1 | | | 1 | |
| 41 | | — | 10 | | 1 | | 1 | | 1 | 1 | 2 |
| 42 | | 4 | 9 | | 2 | | | — | | 2 | |
| 43 | | 9 | 2 | 1 | 1 | | 1 | 1 | | 5 | |
| 44 | | 6 | 9 | — | — | | | 1 | | 2 | 1 |
| 45 | | 8 | 11 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 46 | | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | — | 1 | 3 | 2 |
| 47 | | 6 | 1 | — | 3 | | | | | 2 | 2 |
| 48 | 1 | 8 | 1 | 1 | 3 | | | 4 | | 2 | 3 |
| 49 | | 5 | 4 | 1 | 5 | | | 2 | | 2 | 3 |
| 50 | | 7 | 4 | 1 | 2 | 1 | | 5 | 1 | 2 | 1 |
| 51 | | 5 | 1 | 4 | 2 | — | | 5 | | 2 | 8 |
| 52 | 1 | 15 | 3 | — | 3 | 1 | | 3 | | — | 4 |
| 53 | — | 1 | 2 | | 1 | 1 | | 2 | — | 2 | 6 |
| 54 | — | 5 | 3 | | 3 | 1 | — | 2 | 1 | 2 | 7 |
| 55 | — | 9 | 2 | — | 2 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 8 |
| 56 | — | 5 | 2 | 1 | 5 | 1 | — | 2 | — | 2 | 1 |
| 57 | — | 3 | 5 | 1 | 3 | — | 1 | — | | 1 | 3 |
| 58 | — | 2 | 2 | 1 | 4 | 5 | — | 3 | | 1 | 6 |
| 59 | 1 | 3 | 3 | — | 2 | — | 1 | 1 | — | 1 | 3 |
| 60 | | 2 | 5 | 1 | 2 | — | — | 6 | — | — | 4 |
| 61 | | 3 | 7 | 1 | 1 | 1 | — | — | — | — | 2 |
| 62 | — | — | 1 | — | 1 | — | | 1 | — | 2 | 5 |
| 63 | — | 1 | 4 | — | 1 | — | — | — | — | 1 | 2 |
| 64 | — | 3 | 2 | 1 | — | — | — | 1 | — | — | 3 |
| 65 | — | — | 9 | — | 1 | — | — | — | — | — | — |
| 66 | | — | 1 | | 3 | 2 | — | 1 | — | — | 1 |
| 67 | — | — | 3 | | 2 | — | — | — | — | — | 2 |
| 68 | — | — | 2 | 1 | 1 | — | — | — | — | — | 4 |
| 69 | | — | 1 | | 5 | — | — | — | — | — | 4 |
| 70 | — | — | 1 | | — | 1 | — | — | — | — | — |
| 71 | — | — | 2 | 1 | 2 | 1 | | 2 | | — | 1 |
| 72 | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — | 3 |
| 73 | — | — | — | — | 3 | — | — | 1 | — | — | 1 |
| 74 | — | — | — | 2 | — | 1 | — | 1 | — | — | — |
| 75 | — | — | 1 | 1 | 2 | 1 | — | — | — | — | 1 |
| 76 | — | — | — | — | 3 | — | — | — | — | — | 1 |
| 77 | — | — | 3 | — | 1 | — | — | 1 | — | — | — |
| 78 | — | — | — | — | 2 | 1 | — | — | — | — | — |
| 79 | — | — | 1 | 1 | 2 | — | — | — | — | — | 2 |
| 80 | — | — | 1 | 2 | 1 | 1 | — | — | — | — | 1 |
| 81 | — | — | — | — | 2 | — | — | — | — | — | 1 |
| 82 | — | — | — | — | 3 | — | — | — | — | — | — |
| 83 | — | — | — | — | 3 | — | — | — | — | — | 1 |
| 84 | — | — | 1 | — | 2 | 1 | — | — | — | — | — |
| 85 | — | — | — | — | 3 | — | — | — | — | — | — |
| 86 | — | — | — | — | 2 | — | — | — | — | — | 1 |
| 87 | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — | — | 2 |
| 88 | — | — | — | — | 1 | 1 | — | — | — | — | 2 |
| 89 | — | — | — | — | 1 | 1 | 1 | — | — | — | — |
| 90 | — | — | — | — | 3 | 2 | — | — | — | — | — |
| 91 | — | — | 1 | — | 1 | 2 | — | — | — | — | — |
| 92 | — | — | — | — | 1 | 1 | — | — | — | — | — |
| 93 | — | — | — | — | 4 | 2 | — | — | — | — | — |
| 94 | — | — | — | — | 2 | 1 | — | — | — | — | — |
| 95 | — | — | — | — | 1 | 1 | 1 | — | — | — | — |
| 96 | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — | — |
| 97 | — | — | — | — | 3 | — | — | — | — | — | 1 |
| 98 | — | — | — | — | 3 | — | — | — | — | — | — |
| 99 | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — |
| 100 | — | — | — | — | 3 | 2 | — | — | — | — | — |
| zu übertragen | 4 | 164 | 150 | 26 | 128 | 37 | 1408 | 48 | 295 | 51 | 108 |

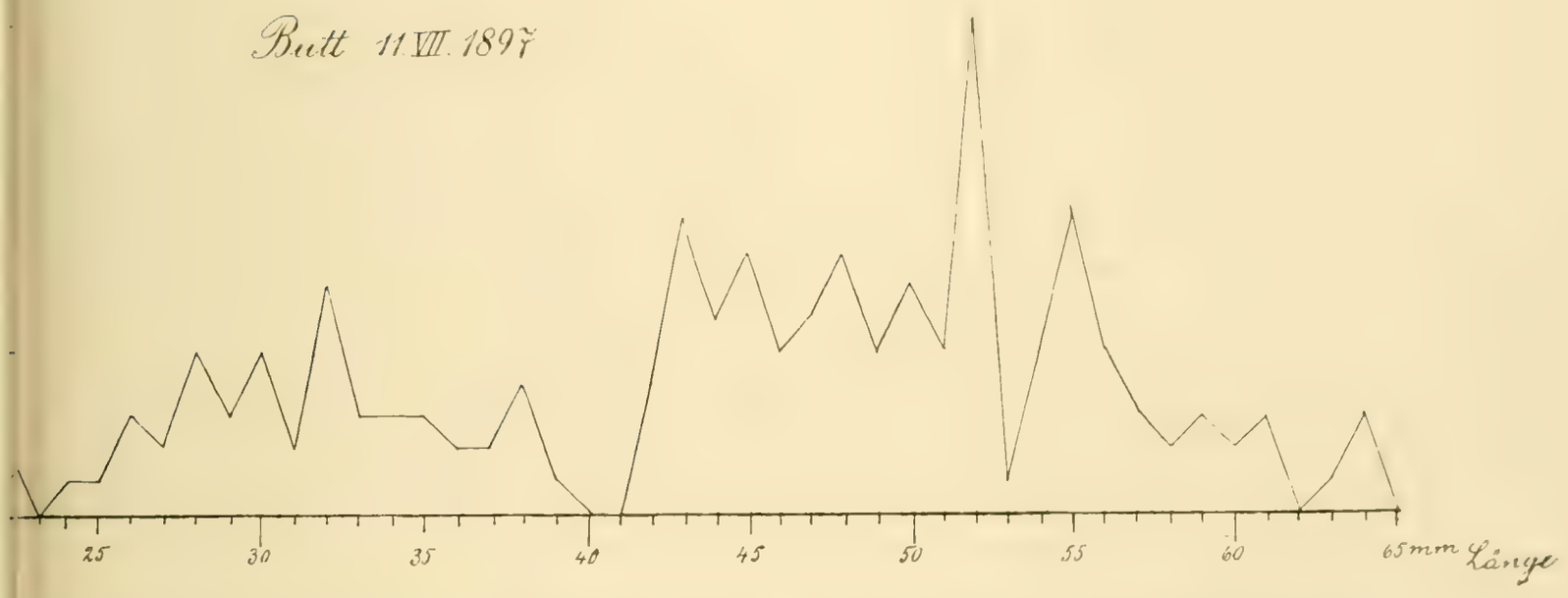
| mm | 1895 10. VIII. | 1897 11. VII. | 1897 10.—13. VIII. | 1897 10.—13. IX. | 1897 9.—13. X. | 1897 30. XI. | 1898 25. VI. | 1898 14. IX. | 1899 31. V. 2./3. VI. | 1899 3.—5. VIII. | 1899 24.—26. IX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Übertrag | 4 | 164 | 150 | 26 | 128 | 37 | 1408 | 48 | 295 | 51 | 108 |
| 101 | — | | — | | 6 | 2 | | — | — | — | — |
| 102 | | | | | 4 | 2 | — | | | — | — |
| 103 | | — | | — | — | 1 | — | — | | — | |
| 104 | | — | — | | 4 | 1 | | | — | — | — |
| 105 | | | | | 4 | 5 | 1 | | | | |
| 106 | | | | — | — | 1 | | | | | |
| 107 | | | — | | 5 | 1 | — | | | — | — |
| 108 | | — | | — | — | 2 | — | | — | — | |
| 109 | | | | | 2 | 2 | — | — | | | |
| 110 | | | | | 2 | 2 | | | | — | |
| 111 | | | | | 2 | 3 | — | — | | | |
| 112 | | | | | 3 | 4 | — | — | — | — | |
| 113 | | | | | 2 | 2 | — | — | | | — |
| 114 | | | | | 3 | 1 | — | | — | — | — |
| 115 | | | — | | 3 | 1 | | — | | — | |
| 116 | — | | | | — | 1 | | — | | — | |
| 117 | | | | | | | | | | — | — |
| 118 | | | | | | | | — | | — | |
| 119 | — | | — | — | 1 | 1 | — | | | — | — |
| 120 | | — | — | — | | 3 | | | | — | — |
| 121 | | | | | | 3 | | — | | | — |
| 122 | | | | | | 1 | | — | — | | |
| 123 | | — | | | | 1 | | | | — | — |
| 124 | | | | | | 3 | — | | | — | |
| 125 | | | | | | 1 | | | | — | — |
| 126 | | | | | | | — | | — | | |
| 127 | | | | | | | | | | — | — |
| 128 | | | | | | 2 | | | — | | |
| 129 | | | | | — | — | | | | — | — |
| 130 | | | | | 2 | | | | | | |
| 131 | | — | | — | | 1 | | | — | — | — |
| 132 | | | | | | | | — | | | |
| 133 | | | | | | — | | | | | |
| 134 | | — | | | | | | — | — | | — |
| 135 | | | | | | | | | | | |
| 136 | | | | | | | | — | | | — |
| 137 | | | | | | | | | | | |
| 138 | | | | | — | 1 | | | — | — | — |
| 139 | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| 140 | — | — | — | — | — | 1 | — | | | — | — |
| Summe | 4 | 164 | 150 | 26 | 171 | 86 | 1409 | 48 | 295 | 51 | 108 |
| Mittel | 48,5 | 44,85 | 52,92 | 57,3 | 79,9 | 98,1 | 21,53 | 55,2 | 18,17 | 46,47 | 59,92 |

Ferner kam es darauf an, ob die jungen Plattfische sämtlich einjährig sind, d. h. aus der Laichperiode desselben Jahres stammten. Ehe die Bestimmung des Alters aus den Otolithen gefunden war, erschien es mir, als ob die größten Tiere, z. B. 140 mm vom November 1897, schon 2jährig sein könnten. Durch nachträgliche Untersuchung der Otolithen finde ich aber, daß sämtliche in der vorstehenden Tabelle angeführten Tiere im ersten Lebensjahre stehen. Ich untersuchte daraufhin die größten Exemplare vom Juli 1897, August 1897, Oktober 1897, Juni 1898[1]), August 1899.

Was nun die einzelnen Fänge anbelangt, so ist die Zahl der gefangenen Tiere am 10. August 1895 zu gering, um einen sicheren Schluß zu ziehen. Jedoch weicht das Mittel dieser 4 Tiere von 48,5 mm Länge nicht sehr ab von den 51 im August 1899 gefangenen mit 46,47 mm.

**11. Juli 1897.** Unter den 164 gefangenen Butt fanden sich solche von 22 mm bis zu 64 mm. Das Mittel berechnet sich zu 44,85 mm. Die Differenz des größten und kleinsten Exemplares beträgt 42 mm.

[1]) Die 3 größten Exemplare waren nicht mehr für die Otolithenuntersuchung vorhanden.




Figur 1.
Auf der Abscisse sind die Längen der jungen Butt in mm eingetragen, die Ordinate enthält die von jeder Länge gemessene Anzahl.

Die Zahlen, sowie die Kurve 1 zeigen zwei Erhebungen, die durch eine Lücke (40,41 mm) getrennt sind. Es sieht aus, als ob die Laichzeit in 2 Abschnitte geteilt ist, eine frühere, aus der die Tiere von 42—65 mm stammen, und eine spätere für die 22—39 mm messenden. Die Möglichkeit liegt ja auch vor, daß dieser Lücke entsprechend in früheren Monaten durch zu schwach salziges Wasser in der Ostsee die Eier vom Butt zugrunde gegangen sind. Um den Zeitpunkt der Eiablage dieser im Juli 40 mm messenden Butt zu wissen, müßte man das Alter dieser Fische angeben können. Inwieweit ist das möglich?

Der mittlere Längenzuwachs vom 2./3. Juli 1899 bis 3./5. August 1899 beträgt 46,47—18,17 mm = 28,30, also rund 30 mm in 60 Tagen, pro Tag also 0,5 mm. Nach einer Arbeit von Dannevig[1]) ist ein Butt von 13,76 mm 45 Tage alt. Nach den Angaben Dannevigs (pag. 187) läßt sich folgende Tabelle aufstellen:

| | Differenz der Tage | Differenz der Länge | Zuwachs pro Tag | Mittlerer Zuwachs pro Tag | |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 Tage alt 7,20 mm | | | | | |
| 17 „ „ 7,40 „ | 9 | 0,2 | 0,0222 | | |
| 20 „ „ 7,44 „ | 3 | 0,04 | 0,0133 | | |
| 25 „ „ 7,84 „ | 5 | 0,4 | 0,0800 | 0,0900 | |
| 30 „ „ 9,40 „ | 5 | 1,56 | 0,3120 | | 0,22 mm |
| 35 „ „ 9,64 „ | 5 | 0,24 | 0,0480 | | |
| 40 „ „ 10,96 „ | 5 | 1,32 | 0,2240 | | |
| 42 „ „ 12,40 „ | 2 | 1,44 | 0,7200 | 0,412 | |
| 45 „ „ 13,76 „ | 3 | 1,36 | 0,4533 | | |

Daraus würde folgen, daß in den ersten 45 Tagen ein Butt pro Tag nur 0,22 mm wächst, da er beim Ausschlüpfen nach meinen Züchtungsversuchen 3,8 mm lang ist (also 45 Tage in 13,76—3,8 mm also ca. 10 mm in 45 Tagen). Nehme ich dieselbe Zuwachsgeschwindigkeit bis zu 18 mm an, so würden die

[1]) Fishery Board f. Scotland. 15. Report pag. 187.

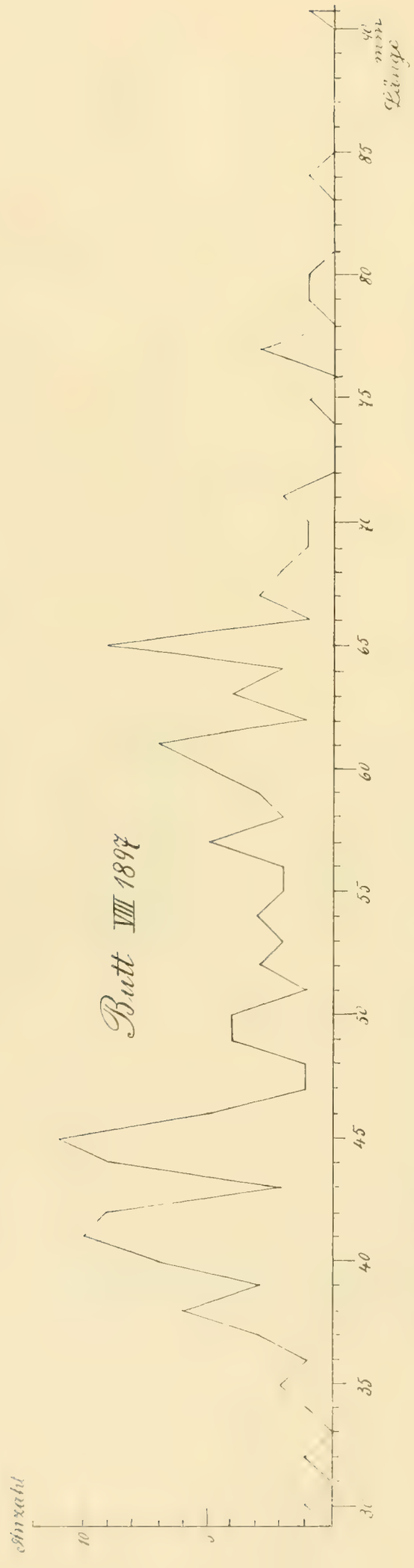



Fig. 2. Auf der Abscisse sind die Längen der jungen Butt in mm eingetragen, die Ordinate enthält die von jeder Länge gemessene Anzahl.

fehlenden 4,4 mm in 20 Tagen erzeugt werden. Ein 18 mm langer Butt würde also ca. 65 Tage alt sein. Da das Wachstum aber in dieser Zeit etwas stärker sein wird, so mögen 60 Tage gerechnet werden. Von 18 bis 40 mm hat der junge Butt noch 22 mm zu wachsen, zu denen er nach obiger Rechnung (pro Tag 0,5 mm) noch 44 Tage gebrauchen würde. Ein 40 mm langer Butt würde also ungefähr 100 Tage, $3^1/_3$ Monat alt sein. Die am 11. Juli 1897 nicht gefangenen 40 mm langen Butt hätten demnach Ende März oder Anfang April den Eiern entschlüpfen müssen. Allerdings ist diese Rechnung nur als grobe Annäherung zu betrachten, da die einzelnen Tiere nicht genau in der gleichen Art wachsen.

Nach obiger Rechnung wird man die am 11. Juli 1897 gefangenen kleinsten Butt von 22 m ca. 70 Tage alt halten müssen (18 mm = 60 Tage, 4 mm = 8 Tage), die größten dagegen von 63 mm für ca. 150 Tage alt (40 mm = 100 Tage, 23 mm = 46 Tage) also zwischen $2^1/_3$—5 Monaten müßte die Laichzeit der an diesem Tage gefangenen Butt zurückliegen und das würde die Zeit von Anfang Februar bis Anfang Mai sein.

**10.—13. August 1897.** Während im Juli das Maximum und Minimum der gefangenen jungen Butt um 41 mm auseinanderlagen, beträgt die Differenz im August 91—30 = 61 mm. Das Mittel der 150 gefangenen Butt 52,92 mm. Vom 11. Juli bis 11. August also in 30 Tagen würden die Fische im Mittel um 52,92—44,85 = 8,07 mm, also ca. 8 mm zugenommen haben, was einen täglichen Zuwachs von ca. $^1/_4$ mm ausmacht. (Figur 2.)

Die Kurve zeigt das Verhalten deutlich, daß nicht alle Tiere im Wachstum gleichen Schritt halten. Wie überall im Tierreich sehen wir die größeren und kräftigeren Individuen immer schneller vorauseilen, während die kleinen, daher schwächeren — und spät geborenen — zurückbleiben. Wenn ich nach meinen Fängen auch nicht die absoluten Maxima und Minima habe, so ist bei den größeren Fängen doch kaum anzunehmen, daß viel größere oder kleinere Tiere vorhanden gewesen sind. Wenn ich die Zahlen der größeren Fänge benutze, als ob sie die absoluten Maxima und Minima enthalten, so zeigt es sich, daß die kleinsten Fische vom Juli—August, also in 30 Tagen, nur 8 mm (30—22), die größten in dieser Zeit um 28 mm (91—63) zugenommen haben. Das würde pro Tag im Minimum $^1/_4$ im Maximum fast 1 mm sein.

**10.—13. September 1897.** Die Zahl der gefangenen Butt ist zu gering um die Verhältnisse in diesem Monat mit den der früheren sicher vergleichen zu können. Unter den 26 Butt befanden sich solche von 43 bis 87 mm. Die Differenz ist nur 44, während sie im Juli 41, im August 61 und wie wir weiter sehen werden im Oktober 93 und im November 95 mm ist.

Wäre der Fang größer gewesen, so hätten sich kleinere und namentlich größere Tiere finden müssen wie ein Blick auf die Tabelle und Fig. 3 zeigt.

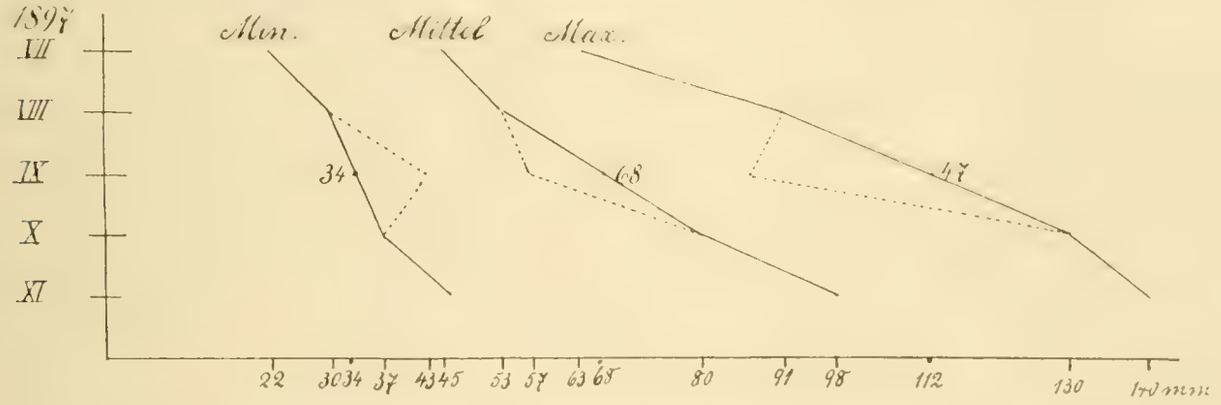



Fig. 3. Minimum, Maximum und berechnetes Mittel der Butt in mm in den Monaten Juli—November. Die punktierte Linie ist die Kurve für die im September gemessenen Butt, die ausgezogene Linie die wahrscheinliche Kurve. (Statt der Zahl „47" auf der Linie Max. ist 110 zu lesen, ebenso auf der wagerechten Linie statt 112.)

In der Fig. 3 (Kurve) sind die Größen der kleinsten und größten Fische, sowie die berechneten Mittel durch Linien für die Monate Juli—November 1897 dargestellt. Für den September ist die Linie punktiert gezeichnet. Daneben ist aber die Linie, wie sie sich aus der graphischen Darstellung ergibt, ausgezogen. Darnach würden im September die jüngsten Butt ca. 34 mm statt 43 mm messen, die größten ca. 110 statt 87 und das Mittel wäre ca. 62 statt 57,3. Das heißt also: wären mehr Butt gefangen als die oben erwähnten 26, so hätten sich unter diesen kleinere und größere Exemplare befinden müssen, als jetzt der zu kleine Fang zeigt. Die Differenz der größten und kleinsten würde nach obiger Darstellung 110—34 mm = 76 mm statt 44 mm sein.

**9.—13. Oktober 1897.** Unter den 171 im Oktober gefangenen jungen Butt fanden sich solche von 37—130 mm, was also eine Differenz von 93 mm ergibt und im Mittel von 79,9 oder rund 80 mm. Den Zuwachs in dieser Zeit rechne ich vom August, da aus obigen Ausführungen hervorgeht, daß die Zahlen für den September nicht volle Gültigkeit haben können. Vom 11. August bis 11. Oktober sind 60 Tage verflossen und das Mittel in dieser Zeit von 52,9 auf 79,9 mm gestiegen, also um 27 mm, so daß pro Tag fast 0,5 mm (genau 0,466) Zuwachs zu rechnen sind. Nehme ich die kleinsten Exemplare, so sind diese in den 60 Tagen in denselben Monaten von 30 auf 37 mm gewachsen, pro Tag also um 0,116 mm, die größten Exemplare von 91 auf 130, also pro Tag um 0,65 mm. (Fig. 4.)

Wie die Kurve zeigt, ist die Differenz der gefangenen jungen Butt größer geworden und die Kurve selbst hat sich weiter abgeflacht. Während die jüngeren Tiere seit August weit zurückgeblieben sind, sind die größeren desto schneller vorausgeeilt, wie das aus dem oben berechneten Zuwachs hervorgeht und wie das auch Figur 3 zeigt.

**30. November 1897.** Im November waren unter 86 gefangenen jungen Butt Längen von 45 bis 140 mm vertreten, also eine Differenz von 95 mm zwischen Maximum und Minimum. Das Mittel war 98,1 mm. Seit dem 11. Oktober, also seit rund 50 Tagen, war es um 18,2 mm gewachsen, was pro Tag ca. $^{2}/_{5}$ mm (genau 0,364 mm) ausmacht. (Fig. 5.)

Wie die Tabelle und die Kurve Fig. 5 zeigt, haben sich die größten Exemplare noch weiter von den kleinsten entfernt und die Kurve selbst sich noch mehr abgeplattet. Das Wachstum des kleinsten Exemplares beträgt seit dem 11. Oktober 8 mm, also pro Tag 0,16, das des größten 10 mm, also pro Tag 0,2 mm. Die Differenz ist gering. Das kann einmal darin seinen Grund haben, daß in dem kälteren Wasser kleine wie große Exemplare weniger Nahrung nehmen und also langsamer wachsen, oder — da das Mittel noch ein stärkeres Wachstum zeigt, daß die größten jungen Butt sich schon von dem Strande in tieferes Wasser zurückgezogen haben und deshalb nicht, oder ihrer Größe wegen zu spärlich gefangen wurden.



LIBRARY

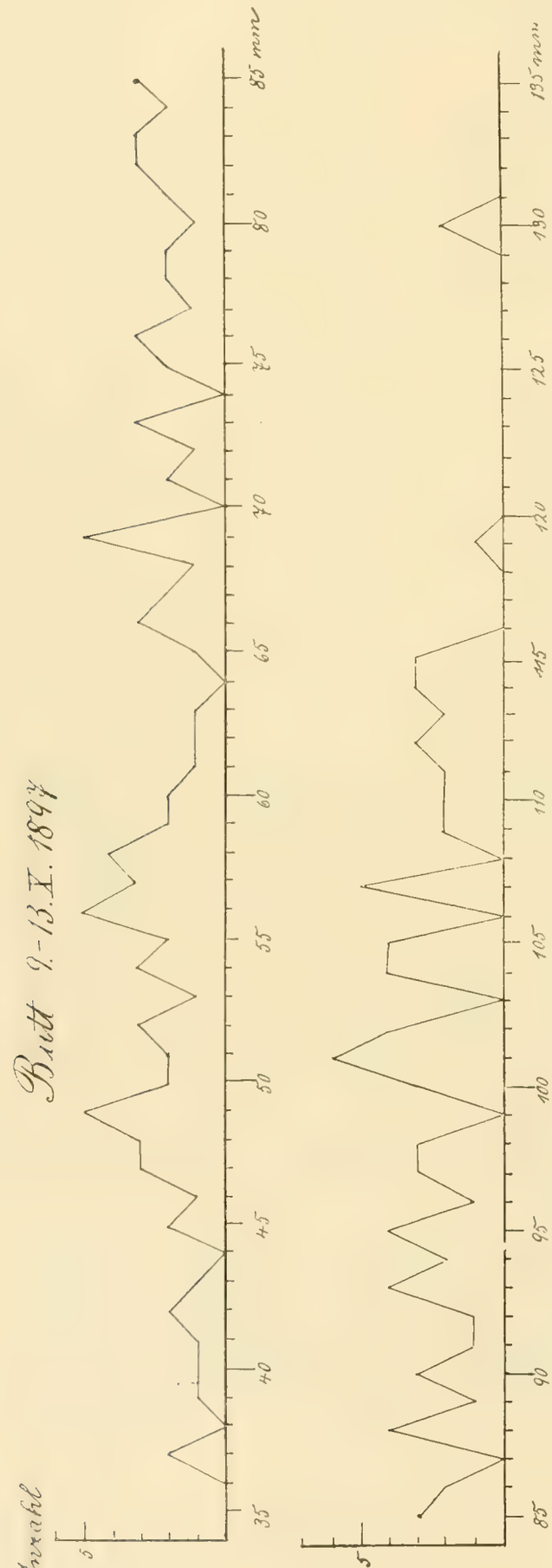



Fig. 4. Auf der Abscisse sind die Längen der jungen Butt in mm eingetragen, die Ordinate enthält die von jeder Länge gemessene Anzahl.

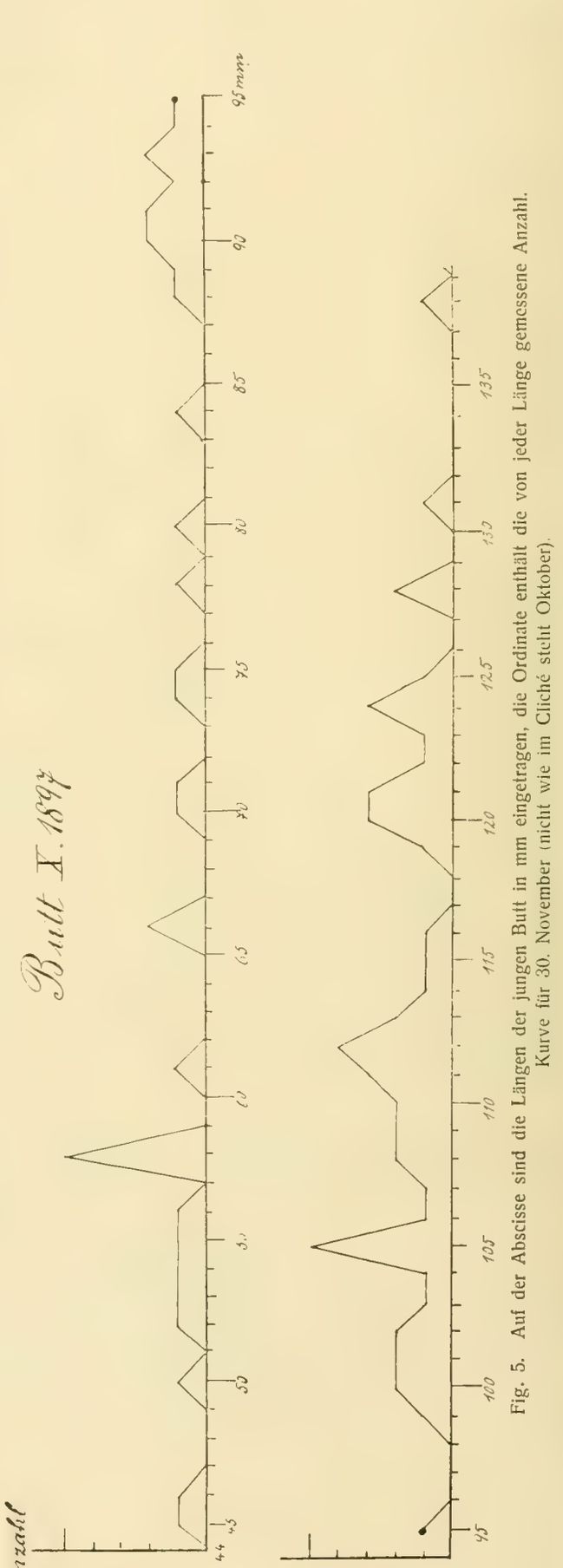



Fig. 5. Auf der Abscisse sind die Längen der jungen Butt in mm eingetragen, die Ordinate enthält die von jeder Länge gemessene Anzahl.
Kurve für 30. November (nicht wie im Cliché steht Oktober).

Butt 25. VI. 1898.

**25. Juni 1898.** Da im Jahre 1897 die Untersuchung im Juni gefehlt hat, und aus dem Jahre 1898 aus diesem Monat ein so großes Material vorliegt, so will ich diesen Monatsfang hier besprechen. (Fig. 6.)

Die Tabelle sowie die Kurve Fig. 6 zeigen, wie die Hauptmenge der Tiere eine Größe zwischen 11—35 mm haben, nur ganz wenige größere fanden sich. Auffallend groß sind die Exemplare von 89—108 mm für diesen Monat. Die drei größten Tiere waren früher verbraucht, so daß jetzt nicht mehr die Untersuchung der Otolithen nachgeholt werden konnte, ob es sich bei diesen um 1 oder 2jährige handelt. Nach einer oben ausgeführten Rechnung (11. Juli 1897) ist ein 40 mm langer Butt ca. 100 Tage alt. Das Exemplar zu 89 mm würde die 89—40 = 49 mm im günstigsten Falle in wiederum 100 Tagen — unter Berücksichtigung des kalten Wassers in noch längerer Zeit — gewachsen sein, so daß das 89 mm messende Exemplar ca. 200 Tage, also fast 7 Monate alt sein mußte, also Anfang Dezember dem Ei entschlüpft wäre, was ja nicht unwahrscheinlich wäre, da ja schon im November laichreife Butt beobachtet werden können. Da es ja immerhin zweifelhaft ist, ob diese 3 größten Butt zum ersten Jahrgange gehören, so mögen sie aus der Betrachtung lieber ausscheiden. Das kleinste gefangene Exemplar mißt 11 mm, wird also nach der oben zitierten Arbeit von Dannevig 40 Tage alt sein. Das größte Exemplar von 59 mm kann nach den mehrfach angeführten Rechnungen ca. 5—6 Monate alt sein. Das Mittel ist 21,53 mm.[1]) Die Differenz der kleinsten und größten Exemplare 48 mm. Diese Zahl stimmt ungefähr mit der im Anfang Juli 1897 mit 41 mm gefundenen überein, auch mit der für den Juni 1899 mit 42 mm berechneten.

Überhaupt stimmt der Anfang Juni 1899 (31. Mai und 2./3. Juni) gemachte Fang sehr gut mit dem Junifang 1898 überein, wenn man bedenkt, daß letzterer fast einen Monat später gemacht ist. Das Mittel im Juni 1899 beträgt 18,17 mm. Die Größen schwanken zwischen 12 und 54 mm. Die Kurve zeigt auch für die kleinen Tiere eine große Individuenzahl entsprechend der Hauptlaichzeit, für die größeren, früh gelaichten ist sie aber flach, wie diese Verhältnisse in Fig. 6 (für Juni 1898) zum Ausdruck kommen.

Nachdem ich obiges schon geschrieben hatte, erhielt ich die jungen Plattfische vom 24.—26. September 1899. Es fanden sich 108 Butt in den Größen von 37—97 mm, also einer Größendifferenz von 60 mm mit einer mittleren Größe von 59,92 mm. Dieser Septemberfang fügt sich besser in die oben berechnete Reihe für 1887 und die Figur 3 ein. Der größere Fang ergab kleinere, sowie größere Exemplare als der kleine Fang im September 1897. Allerdings sind noch größere Tiere für diesen Monat zu erwarten, so daß dann auch das Mittel höher werden würde. Zu bedenken ist immerhin, daß diese Zahlen zwei verschiedenen Jahren angehören und daß z. B. ein Septemberfang nicht genau mit dem eines anderen Jahres stimmen kann.

Zusammenfassung:

Aus meinen Untersuchungen geht hervor, daß junge Butt bisweilen — in der Eckernförder Bucht, ebenso bei Kiel — fehlen können, oder doch recht spärlich sind. (August 1893, 1895.)

Wenn die jungen Butt nun in einem Jahre fehlen, so muß sich dieses im Fange der folgenden Jahre bemerkbar machen, selbst wenn eine Einwanderung in die Ostsee vom Kattegat stattfindet. Die Kommission besitzt eine Statistik von Eckernförde, darnach wurden an Butt gefangen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1875 . . 2,586 Mill. | 1882 . . 1,290 Mill. | 1889 . . 1,757 Mill. | 1896 ca. 1,369 Mill. |
| 1876 . . 2,289 „ | 1883 . . 1,771 „ | 1890 . . 2,369 „ | 1897 . . 1,1 „ |
| 1877 . . 2,051 „ | 1884 . . 2,711 „ | 1891 . . 2,416 „ | 1898 . . 0,838 „ |
| 1878 . . 2,188 „ | 1885 . . 2,248 „ | 1892 . . 2,740 „ | 1899 . . 1,253 „ |
| 1879 . . 2,677 „ | 1886 . . 1,978 „ | 1893 . . 2,554 „ | |
| 1880 . . 1,840 „ | 1887 . . 2,046 „ | 1894 . . 3,849 „ | |
| 1881 . . 1,438 „ | 1888 . . 1,777 „ | 1895 . . 1,877 „ | |

Für das Jahr 1896 ist die Statistik unvollständig, da der Beobachter in Eckernförde starb und nicht sofort Ersatz da war. Vom Februar bis April wurden 0,558 Mill. gefangen, im September 16 000, im Oktober 500, im Januar, November, Dezember gar keine. Für die 8 Monate also 0,575 Mill. Die 4 fehlenden Monate nach dem Jahr 1897 gerechnet, würden noch 0,794 Mill. ergeben, so daß für das Jahr 1896 ca. 1,369 Mill. gefangen sein werden. Die Jahre 1875—1893 inkl. lieferten 39,726 Mill. Butt, also im

[1]) Rechne ich für das Mittel die 3 größten Exemplare nicht mit, so weicht das Mittel doch nur wenig ab, es wird dann 21,31 mm

Mittel pro Jahr **2,091 Mill.** Das Jahr 1894 war ein sehr gutes Fangjahr, das beste seit 1875 (von welchem Jahr an die Beobachtungen angestellt wurden) mit fast der doppelten Zahl als das Mittel angibt. Das Jahr 1895 erreichte fast das Mittel, 1896 blieb sehr zurück, 1897 hat nur die Hälfte des Mittels, 1898 nur $^2/_5$, 1899 $^3/_5$ des Mittels. Seit dem Jahr 1896 ist also ein beträchtlicher Ausfall zu verzeichnen.

Die Butt haben erst in ihrem 3. Jahre, also dem Jahre, in dem sie laichreif werden, eine marktfähige Größe erlangt, wie aus der Tabelle I von Reibisch[1]) (pag. 238ff.) zu schließen ist, da die vom November an auf den Markt gebrachten und untersuchten Fische stets stark entwickelte Eier enthielten. Unter den 42 von Reibisch dem Alter nach bestimmten reifen Tiere fanden sich 23 dreijährige, 13 vierjährige, 6 fünfjährige, sie waren also Anfang der Jahre 1896, 1895, 1894 geboren worden. Ebenso stammten die in Tabelle I (Reibisch pag. 247) angeführten Männchen von Eckernförde aus denselben Jahren (111 + 58 + 2). Der 1895er Jahrgang war also in beiden Fällen vertreten. 1895 hatte ich junge Butt, wenn auch recht spärlich, gefunden. Der 1893er Jahrgang käme zum ersten Male im Jahre 1895 beim Fang in Betracht. Da bei dem Fange in diesem Jahre aber noch die in den Jahren 1892 und 1891 geborenen Fische mitgefangen wurden, so läßt sich bei der das Mittel fast erreichenden Fangzahl nicht der Ausfall an Nachwuchs sehen. Die niedrigen Fangzahlen der folgenden Jahre können wohl durch die geringe Brutentwicklung der vorhergehenden Jahre veranlaßt sein. Dabei ist zu beachten, daß ich in den Jahren 1894 und 1896 nichts über das Vorhandensein oder Fehlen der jungen Butt aussagen kann. Sie können in diesen Jahren zahlreicher vorhanden gewesen sein, so daß der Ausfall des vor- und zwischenliegenden Jahres etwas gedeckt wurde.

Im Jahre 1897 erhielt ich stets zahlreiche junge Butt, diese müßten zum ersten Male im Fangjahre 1899 auftreten und im Winter dieses Jahres laichreif werden. Die Fangzahl wird allerdings noch durch die vorhergehenden Jahre der geringen Brutentwicklung (1895) beeinflußt werden. Der Fang im Jahre 1899 beträgt 1,253 Mill.

Ein Zusammenhang zwischen den Jahren, in denen die jungen Butt nicht oder spärlich gefangen wurden, mit den letzten schlechteren Fangjahren läßt sich wohl nicht leugnen.

Wodurch ist die Entwicklung der jungen Butt gehindert worden ist die naturgemäße Frage, die sich hier anschließt. Meiner Ansicht nach kommen nur 2 Faktoren in Betracht, die schädigend auf die abgelaichten Eier wirken können. Einmal daß sie zu Boden sinken und dadurch zu Grunde gehen, dann aber daß sie mit den Strömungen aus der Ostsee hinaustreiben. Jedoch scheinen mir beide Faktoren nicht die Verhältnisse zu erklären.

Die Eier schweben im Wasser und treiben mit dem Wasser, d. h. bleiben in demselben Wasser, wenn dasselbe auch seinen ursprünglichen Platz ändert (durch Strömung, Wind). Das Wasser der westlichen Ostsee wird bei länger anhaltendem Ostwind verdrängt und mit ihm die in ihm flottierenden Eier. Letztere werden nicht in das zuströmende schwächer salzige Wasser gelangen, also auch nicht untersinken können. Die Butteier werden, davon bin ich fest überzeugt, auch in Wasser von etwas geringerem Salzgehalt als 17,8 ‰, welchen Wert Hensen gefunden hatte, schweben können, sofern die Weibchen auch ihre Eier in schwächer salzigem Wasser zur Reife gebracht haben. Einen kleinen Anhalt dafür geben folgende Untersuchungen.

In den Jahren 1890—1895, 1897, 1898 hatten wir mehrere Fahrten gemacht, um pelagische Eier zu fangen. Die Resultate der Untersuchungen finden sich in nachstehender Tabelle. Die Fänge sind qualitativ mit offenen Netzen gemacht. 10 m z. B. heißt, daß das Netz längere Zeit in 10 m Tiefe gezogen wurde, dann aber offen heraufkam; es kam also aus salzreichere in salzärmere Schichten, was für unsere Frage von Wichtigkeit ist. Ich habe dann die Temperatur und den Salzgehalt für 10 m resp. 14,6 m notiert, also den höchsten Salzgehalt, bei dem die Eier schwebend gefangen sind. Temperatur und Salzgehalt habe ich aus den nicht publizierten Beobachtungsbüchern der Kommission entnommen. Für die Fänge aus der Kieler Bucht genügen die Messungen von Friedrichsort, für die Fänge der Eckernförder Bucht habe ich die Beobachtungen der Station Sonderburg zu Hülfe genommen.

[1]) Über die Eizahl bei *Pleuronectes platessa.* Wissensch. Meeresuntersuchungen. Bd. 4. Abt. Kiel. 1899.

BIOLOGICAL LIBRARY

## Tabelle über Fang von pelagischen Fischeiern und Larven.

| | Ort | I Kieler Hafen | II Kieler Hafen | III Stoller Grund | IV Kieler Bucht | V Am Eingange der Eckernförder Bucht | VI Am Eingange der Eckernförder Bucht | VII Kieler Bucht | VIII Kieler Bucht | IX Kieler Bucht | X Vor der Eckernförder Bucht | XI Vor der Eckernförder Bucht | XII Kieler Bucht | XIII Kieler Bucht | XIV Kieler Bucht | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tiefe des Fanges | | 0 m | 10 m | 10 m | 0 m | 0 m | 10 m[1]) | ? | 0—20 m | 20 m | 20 m | 0 m | 0 m | 0 m | 20 m | |
| | Datum | 30. I. 90 | 23. I. 95 | 23. I. 95 | 5. III. 97 | 6. IV. 97 | 6. IV. 97 | 28. V. 97 | 29. V. 97 | 29. V. 97 | 29. V. 97 | 29. V. 97 | 4. III. 98 | 18. III. 98 | 18. III. 98 | |
| Temperatur . . . . | | 2,6 ° | 1,6 ° | 1,6 ° | 1 ° | 4,4 ° | 4 ° | — | 13,8/11,2 ° | — | — | 13,8 ° | 2,2 ° | 4 ° | 3,8 ° | |
| Salzgehalt . . . . | | 17,0 ‰ | 18,7 ‰ | 18,7 ‰ | 18,1 ‰ | 11,80 ‰ | 16,31 ‰ | — | 14,33 bis 15,72 ‰ | — | — | 14,33 ‰ | 18,78 ‰ | 14,8 ‰ | 17,94 ‰ | |
| Platessa | Eier | 259 | 0 | 58 | 153 | 600 | 183 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 188 | 0 | 0 | |
| | Larven | — | — | — | — | — | 11 | — | 1 | — | 21 | — | — | — | — | |
| Flesus | Eier | — | — | — | — | 51 | — | — | 8 | 40 | 47 | 189 | — | — | — | |
| | Larven | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 | — | ? | — | — | — | |
| Limanda | Eier | — | — | — | — | 14 | — | — | 1 | 10 | 41 | — | — | — | — | |
| | Larven | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ? | — | — | — | |
| Dorsch | Eier | — | — | — | 7 | 29 | — | — | 2 | 3 | 320 | 14 | 21 | — | — | |
| | Larven | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 6 | — | — | — | — | |
| Sprott | Eier | — | — | — | — | — | — | 201 | — | 47 | 46 | — | — | — | — | |
| Sprott- und Herings- | Larven | — | — | — | — | — | 59 | — | — | 165 | 41 | — | — | — | 6 | |
| Rhombus ? | Eier | | | | | 46 | | 4 | 11 | 137 | 190 | 203 | 19 | | | |
| | Larven | | | | — | | | 1 | — | 9 | 3 | | | | | |
| 0 m | Temp. | 2,6 ° | 1,3 ° | 1,6 ° | 1,8 ° | 4,4 ° | | 13 ° | 13,8 ° | | | | 2,2 ° | 4 ° | | Friedrichsort |
| | Salz | 17,0 ‰ | 16,6 ‰ | 16,6 ‰ | 17,29 ‰ | 11,80 ‰ | | 14,2 ‰ | 14,33 ‰ | | | | 18,78 ‰ | 14,8 ‰ | | |
| 5,5 m | Temp. | — | — | — | 2 ° | 4 ° | | 12,4 ° | 13,4 ° | | | | 2,6 ° | 4 ° | | |
| | Salz | — | — | — | 17,29 ‰ | 15,80 ‰ | | 14,66 ‰ | 14,79 ‰ | | | | 20,3 ‰ | 15,05 ‰ | | |
| 7,3 m | Temp. | — | — | — | 1,8 ° | 4 ° | | 12 ° | 12 ° | | | | 2,6 ° | 3,8 ° | | |
| | Salz | 20,2 ‰ | — | — | 17,54 ‰ | 16,31 ‰ | | 15,33 ‰ | 15,33 ‰ | | | | 20,55 ‰ | 16,31 ‰ | | |
| 14,6 m | Temp. | — | 1,6 ° | 1,6 ° | 1,4 ° | 3,8 ° | | 11,2 ° | 11,2 ° | | | | 2,8 ° | 3,8 ° | | |
| | Salz | 21,0 ‰ | 18,7 ‰ | 18,7 ‰ | 20,30 ‰ | 16,82 ‰ | | 15,72 ‰ | 15,72 ‰ | | | | 21,31 ‰ | 17,94 ‰ | | |
| 0 m | Temp. | — | 1,8 ° | — | — | 3,4 ° | | — | 15,2 ° | | | | — | — | | Sonderburg |
| | Salz | — | 17,16 ‰ | — | — | 17,18 ‰ | | — | 15,15 ‰ | | | | — | — | | |
| 18 m | Temp. | — | 1,8 ° | — | — | 3,2 ° | | — | 14,4 ° | | | | — | — | | |
| | Salz | — | 19,29 ‰ | — | — | 17,56 ‰ | | — | 16,68 ‰ | | | | — | — | | |

[1]) Temperatur und Salzgehalt aus 7,3 m.

Keine Eier fanden sich

Kieler Bucht II. 23. I. 1895 | Salzgehalt über 17,8.
XIV. 18. III. 1898 |

VII. 28. V. 1897 |
VIII. IX. 29. V. 1897 |
XIII. 18. III. 1898 | unter 17,8.
Eckernförder Bucht X. XI. 29. V. 1897 |

In den übrigen Fängen finden sich Platessaeier und meist recht zahlreich.

Stollergrund III. 23. I. 1895 |
Kieler Bucht IV. 5. III. 1897 | betrug der Salzgehalt über 17,8 ‰
„ „ XII. 4. III. 1898 | in der befischten Tiefe.

In den 3 Fängen: I. Kieler Hafen 30. I. 1890, Oberfläche,
V. Eckernförder Bucht 6. IV. 1897, Oberfläche,
VI. „ „ 6. IV. 1897, 10 m

waren Eier in großer Zahl, trotzdem der Salzgehalt nur 11,80—17,0 ‰ betrug. Für die Fänge aus der Eckernförder Bucht habe ich auch noch den Salzgehalt bei Sonderburg notiert, da dort meist salzreicheres Wasser wie bei Friedrichsort gefunden wird. Am Eingange der Eckernförder Bucht ist aber auch das Wasser salzreicher als bei Friedrichsort, wenn der Unterschied auch gering ist. Da nun aus der Eckernförder Bucht Beobachtungen nicht vorliegen und um jeden Zweifel auszuschließen, wählte ich Sonderburg zur Ergänzung mit seinem bedeutend schwereren Wasser als in der Eckernförder Bucht. Für I Kieler Hafen stehen 17 ‰ Salz fest. V. Eckernförder Bucht hatte nach Friedrichsorter Messung 11,80 ‰, während Sonderburg 17,18 ‰ Salz notierte, der Salzgehalt an der Untersuchungsstelle wird näher an dem Salzgehalte bei Friedrichsort liegen, sicher ist er aber unter 17 ‰. Dasselbe ist der Fall bei Fang VI. aus 10 m. Friedrichsort 16,5 ‰, Sonderburg ca. 17,4 ‰. Auch in diesem Falle werden die Eier in Wasser unter 17 ‰ Salzgehalt geschwebt haben.

Bisher sind Eier von Platessa — die Untersuchungen wurden für andere Zwecke gemacht — bei einem Salzgehalt unter 17 ‰, bei Fang V. vielleicht bei einem solchen von nur 11,8 ‰ gefunden worden, so daß meine obige Annahme an Wahrscheinlichkeit gewinnt.

Wie weit der Salzgehalt heruntergehen darf, damit überhaupt Butteier noch schweben können, muß noch festgestellt werden. Die Gefahr, daß Butteier aus stärker salzigem Wasser in schwächer salziges Wasser gelangen, ist also wie ich oben schon zeigte, sehr gering.

Etwas anderes ist es aber, wenn die Butt, die in stärker salzigem Wasser die Eier zur Reife gebracht haben, bei Verschiebung der Wassermassen ihre Eier in schwächer salziges Wasser ablegen. Dann ist die Möglichkeit gegeben, daß die Eier nicht schwimmen, sondern auf dem Boden liegen bleiben und zu Grunde gehen. Daß der Salzgehalt in verschiedenen Jahren in der westlichen Ostsee ein sehr verschiedener sein kann, geht aus folgender Zusammenstellung hervor, die ich für Eckernförde und Friedrichsort gemacht habe und zwar für die Monate Januar—Mai der Jahre 1890 und 1893.

Es betrug der Salzgehalt mehr als 17,8 ‰ an folgenden Tagen in den 3 untersuchten Tiefen:

| | | Eckernförde | | | Friedrichsort | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 m | 9,1 m | 18,3 m | 0 m | 7,3 m | 14,6 m |
| 1890 | Januar . . | 9.—31. | 1.—31. | 1.—31. | 1.—29. 31. | 1.—31. | 1.—31. |
| | Februar . . | 1.—28. | 1.—28. | 1.—28. | 1.—11. 13.—25. | 1.—26. | 1.—26. |
| | März . . . | 7.—13. 25.—31. | 7.—16. 25.—31. | 7.—16. 22.—31. | 27. 29. 30. | 13.—16. 18.—31. | 12.—31. |
| | April . . . | 6.—9. | 6.—9. 24. | 6.—9. 24. | — | 1.—5. | 1.—7. 9.—18. |
| | Mai . . . | 21. | 21. | 21. | — | — | — |
| 1893 | Januar . . | — | — | — | 3. 11.—13. | 6.—16. | 2.—17. 19.—23. |
| | Februar . . | — | — | — | — | 5.—6. 17.—22. 24.—28. | 4.—7. 16.—28. |
| | März . . . | 23. | 20.—23. 29. | 8. 17.—23. 29. | 4. 5. | 1.—5. 27.—31. | 1.—5. 26.—31. |
| | April . . . | 2. 11. | 2.—5. 11. | 2.—5. 11. 26. | — | 1.—4. 11. | 1.—13. 27. |
| | Mai . . . | — | — | — | — | — | — |

oder dasselbe graphisch und übersichtlicher dargestellt:

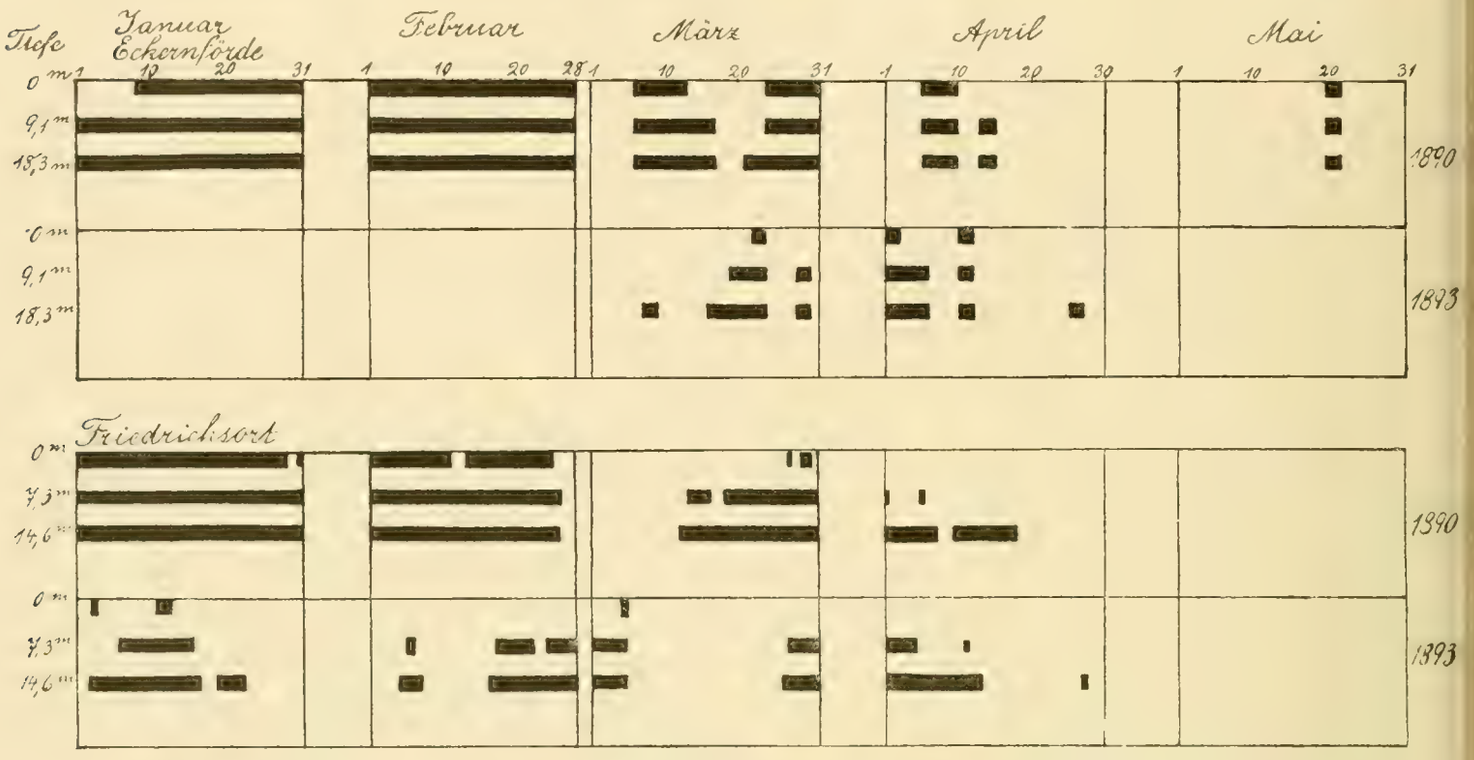



Fig. 7. Salzgehalt in den Monaten Januar—Mai der Jahre 1890 und 1893 in 3 verschiedenen Tiefen. Die schwarz ausgezogenen Linien bezeichnen die Tage, an denen in der betreffenden Tiefe ein Salzgehalt über 17,8‰ zu finden war. Siehe Text.

Im Jahre 1893, in dem Petersen seine Untersuchungen anstellte, lagen die Verhältnisse inbetreff des Salzgehaltes recht ungünstig gegenüber dem Jahre 1890. In letzterem Jahre fand sich im Januar und Februar durchweg hoher Salzgehalt.

Daß die Eier bei ausgehendem Strom mit dem Wasser aus der Ostsee heraustreiben ist richtig, es wird aber nicht die ganze Laichzeit hindurch Wasser aus der Ostsee austreten und auch nicht in solchen Mengen, daß sämtliche Eier dadurch aus der Ostsee entführt werden. Die folgende Zusammenstellung der Strömungsrichtung in Sonderburg zeigt, daß an der Oberfläche der ausgehende Strom an mehr Tagen beobachtet ist, als der eingehende, für die Tiefe von 18,3 m ist das Verhältnis umgekehrt, da überwiegt der eingehende Strom bedeutend.

**Strömungsrichtung bei Sonderburg (Alsensund) an .... Tagen.**

| | in 0 m | | in 18,3 m | | | | in 0 m | | in 18,3 m | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | aus-gehend | ein-gehend | aus-gehend | ein-gehend | | | aus-gehend | ein-gehend | aus-gehend | ein-gehend | |
| 1890 Januar | an 19 | 10 Tagen | an 10 | 17 Tagen | | 1892 Januar | an 18 | 11 Tagen | an 14 | 16 Tagen | |
| Februar | „ 17 | 9 „ | „ 9 | 15 „ | | Februar | „ 15 | 13 „ | „ 9 | 16 „ | |
| März | „ 16 | 14 „ | „ 8 | 20 „ | | März | „ 15 | 13 „ | „ 8 | 21 „ | |
| April | „ 16 | 13 „ | „ 9 | 17 „ | | April | „ 17 | 10 „ | „ 12 | 14 „ | |
| Mai | „ 13 | 16 „ | „ 9 | 19 „ | SS. | Mai | „ 18 | 11 „ | „ 7 | 17 „ | SS. |
| | + 19 | | | + 43 | 151 Tage. | | + 25 | | | + 34 | 152 Tage. |
| 1891 Januar | an 21 | 7 Tagen | an 12 | 12 Tagen | | 1893 Januar | an 17 | 10 Tagen | an 12 | 13 Tagen | |
| Februar | „ 16 | 10 „ | „ 4 | 16 „ | | Februar | „ 15 | 11 „ | „ 6 | 14 „ | |
| März | „ 18 | 13 „ | „ 7 | 19 „ | | März | „ 16 | 15 „ | „ 10 | 18 „ | |
| April | „ 19 | 8 „ | „ 8 | 13 „ | | April | „ 17 | 13 „ | „ 10 | 20 „ | |
| Mai | „ 22 | 9 „ | „ 9 | 15 „ | SS. | Mai | „ 15 | 15 „ | „ 13 | 17 „ | SS. |
| | + 49 | | | + 35 | 151 Tage. | | + 26 | | | + 31 | 151 Tage. |

Weder Salzgehalt noch Strömung geben einen Hinweis, wie das Fehlen der jungen Butt in der Ostsee zu erklären ist. Von den beginnenden internationalen Untersuchungen darf man erwarten, daß Licht in diesen eigenartigen Befund gebracht wird.

Gesprächsweise wurde mir der Einwand gemacht, daß die größeren Butt nicht im ersten Lebensjahre stehen könnten, sondern älter sein müßten, z. B. die Butt vom 11. Juli 1897 in der Größe von 41—65 mm vorjährige, also über 1 Jahr alt, sein müßten. Wie ich schon erwähnte, habe ich von einer Anzahl, namentlich größerer Exemplare, die Otolithen untersucht und gefunden, daß die Fische alle noch im ersten Lebensjahre gestanden haben.

Der Zuwachs ist bei näherer Betrachtung nicht so bedeutend, daß man an der Richtigkeit der Altersbestimmung zweifeln müßte. In einem Jahre sehen wir die Butt im Mittel auf ca. 98 mm, im Minimum auf 45, im Maximum auf 140 mm herangewachsen. (Kurve Fig. 3.)

Für die weitere Betrachtung benutze ich die Tabellen von Reibisch[1]), die ich in der Weise zusammengestellt habe, daß die in gleichem Lebensalter stehenden Tiere zusammengeschrieben sind und dann das Mittel berechnet ist.

Reibisch. Tabelle I, pag. 238 ff.

| | 36 Monate alt I. | 48 Monate alt II. | 60 Monate alt III. |
|---|---|---|---|
| XI. | 30,5 | 34,0 | 39,5 |
| | 31,0 | 35,0 | 42,0 |
| | 32,0 | 35,5 | — |
| | 35,5 | 35,5 | — |
| | 33,0 | 38,5 | — |
| | 33,0 | — | — |
| XII. | 31,5 | 35,5 | 35,0 |
| | — | 34,5 | 36,5 |
| | — | 38,5 | 39,0 |
| | — | — | 39,0 |
| I. | 30,5 | 33,0 | — |
| | 33,0 | 33,5 | — |
| | 32,0 | 36,0 | — |
| | — | 35,5 | — |
| | — | 36,0 | — |
| II. | 24,0 | — | — |
| | 24,5 | — | — |
| | 28,0 | — | — |
| | 32,0 | — | — |
| | 36,5 | — | — |
| | 37,0 | — | — |
| zu übertragen | 532,0 | 461,0 | 231,0 |

| | | 36 Monate alt I. | 48 Monate alt II. | 60 Monate alt III. |
|---|---|---|---|---|
| Übertrag | | 532,0 | 461,0 | 231,0 |
| | | 32,0 | | |
| | | 32,0 | | |
| | | 31,0 | | |
| | | 30,0 | | |
| | | 25,5 | | |
| | | 29,0 | — | |
| Summe | | 711,5 | 461,0 | 231,0 |
| | Mittel | 30,9 | 35,4 | 38,5 |
| Tabelle I | Min. | 24,0 | 33,0 | 35,0 |
| | Max. | 37,0 | 38,5 | 42,0 |
| Tabelle II | Mittel | 26,7 | 29,3 | 32,0 |
| | Min. | 23,0 | 25,5 | 31,0 |
| | Max. | 33,0 | 35,0 | 32,0 |
| Tabelle I+II | Mittel | 27,4 | 30,4 | 36,9 |
| | Min. | 23,0 | 25,5 | 31,0 |
| | Max. | 37,0 | 38,5 | 42,0 |

Tabelle II, pag. 247 f.

| I. | II. | III. | I. | II. | III. | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23,0 | 25,5 | 31,0 | 140,5 | 160,0 | 64,0 | 263,5 | 300,0 | 64,0 |
| 23,5 | 26,5 | 32,0 | 24,0 | 27,0 | — | 25,0 | 26,0 | — |
| 23,0 | 27,0 | — | 24,5 | 29,0 | — | 25,5 | 27,0 | — |
| 23,5 | 27,0 | — | 24,5 | 28,0 | — | 25,5 | 29,5 | — |
| 24,0 | 27,0 | — | 25,0 | 28,0 | — | 25,0 | 27,0 | — |
| 23,5 | 27,0 | — | 25,0 | 28,0 | — | 25,0 | 29,0 | — |
| 140,5 | 160,0 | 64,0 | 263,5 | 300,0 | 64,0 | 389,5 | 438,5 | 64,0 |

[1]) Wiss. Meerunters. N. F. Bd. 4. Abt. Kiel 1899. S. 238 ff. u. 247 f.

| I. | II. | III. | I. | II. | III. | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 389,5 | 438,5 | 64,0 | 1221,0 | 1378,0 | 64,0 | 2115,0 | 1701,0 | 64,0 |
| 25,0 | 28,0 | — | 27,5 | 31,0 | — | 29,0 | — | — |
| 25,0 | 28,0 | — | 26,5 | 31,5 | — | 28,5 | — | — |
| 26,0 | 30,0 | — | 28,0 | 31,5 | — | 29,0 | — | — |
| 26,0 | 29,0 | — | 26,5 | 30,5 | — | 28,5 | — | — |
| 26,0 | 28,0 | — | 27,0 | 33,5 | — | 28,0 | — | — |
| 26,0 | 28,5 | — | 27,0 | 32,0 | — | 27,0 | — | — |
| 26,0 | 28,5 | — | 27,0 | 32,5 | — | 28,5 | — | — |
| 26,0 | 29,5 | — | 28,0 | 32,5 | — | 29,0 | — | — |
| 27,0 | 30,5 | — | 27,5 | 33,0 | — | 29,5 | — | — |
| 25,5 | 28,0 | — | 27,0 | 35,0 | — | 28,5 | — | — |
| 25,5 | 29,0 | — | 29,0 | — | — | 28,5 | — | — |
| 26,5 | 29,5 | — | 27,0 | — | — | 29,5 | — | — |
| 26,5 | 29,5 | — | 28,5 | — | — | 29,5 | — | — |
| 26,5 | 29,5 | — | 28,0 | — | — | 27,5 | — | — |
| 26,5 | 28,5 | — | 27,5 | — | — | 29,5 | — | — |
| 26,0 | 29,0 | — | 28,5 | — | — | 29,5 | — | — |
| 26,0 | 30,0 | — | 26,5 | — | — | 28,0 | — | — |
| 27,0 | 30,0 | — | 27,5 | — | — | 30,0 | — | — |
| 26,0 | 29,0 | — | 27,5 | — | — | 29,5 | — | — |
| 25,5 | 28,0 | — | 27,5 | — | — | 28,0 | — | — |
| 25,5 | 28,5 | — | 28,5 | — | — | 29,5 | — | — |
| 26,0 | 29,0 | — | 27,0 | — | — | 30,5 | — | — |
| 26,5 | 32,0 | — | 27,5 | — | — | 29,0 | — | — |
| 27,0 | 29,5 | — | 27,5 | — | — | 30,0 | — | — |
| 26,0 | 29,5 | — | 29,5 | — | — | 30,0 | — | — |
| 26,0 | 29,5 | — | 27,5 | — | — | 30,5 | — | — |
| 25,5 | 30,5 | — | 28,0 | — | — | 29,5 | — | — |
| 27,0 | 30,0 | — | 27,5 | — | — | 29,5 | — | — |
| 26,0 | 30,5 | — | 27,0 | — | — | 30,0 | — | — |
| 26,5 | 30,0 | — | 29,0 | — | — | 30,5 | — | — |
| 26,5 | 29,5 | — | 27,5 | — | — | 33,0 | — | — |
| 27,5 | 31,0 | — | 28,0 | — | — | | | |
| 1221,0 | 1378,0 | 64,0 | 2115,0 | 1701,0 | 64,0 | 2967,0 | 1701,0 | 64,0 |
| | | | | | | Mittel 26,7 | Mittel 29,3 | Mittel 32,0 |

In Kurve Fig. 8 habe ich dann wieder diese Verhältnisse graphisch dargestellt, wobei ich die Monate November bis Februar zusammengelegt habe und Ende des . . . . Jahres notiert habe.

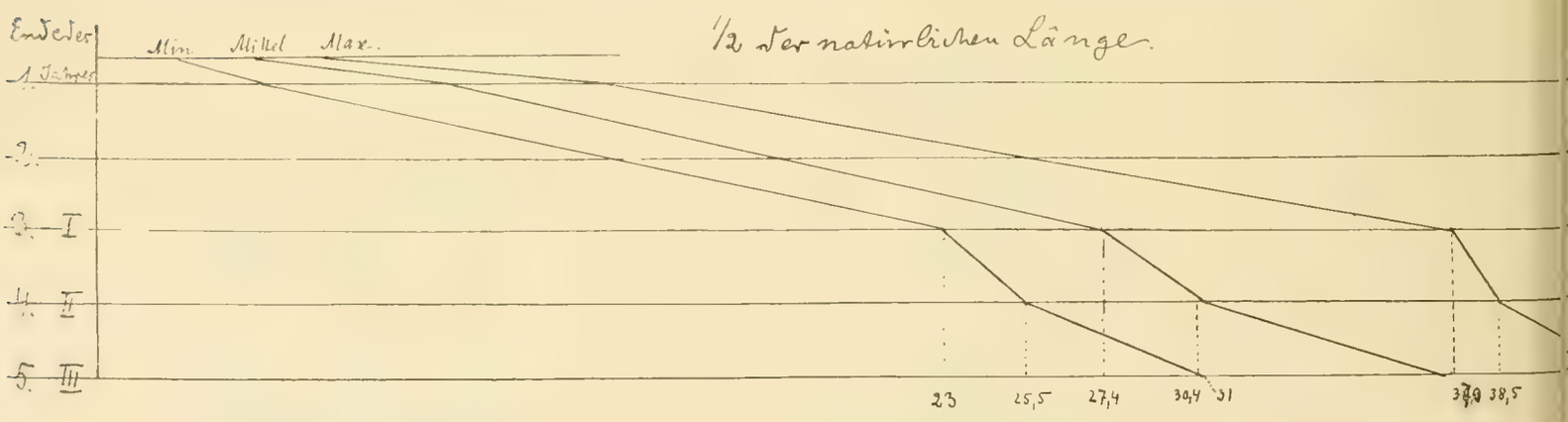



Fig. 8. Größe der Butt in „cm“ (Kurve ½ der natürlichen Länge) in den Lebensjahren 0—5. Vom 1. zum 3. Jahre sind die Linien (Min., Mittel, Max.) geradlinig durchgezogen, die Schnittpunkte mit der Linie 2. Jahr sind also nicht rechnerisch gefunden.

Da zeigt es sich, daß die Längenzunahme vom 1. Jahre an bis zum Ende des 3. Jahres eine ganz gewaltige ist. Das Mittel nimmt von 98 mm also 9,8 cm bis 27,4 cm zu. Das Maximum von 14,0 cm auf 37 cm. Das Minimum von 4,5 cm auf 23 cm. Letztere Zahl ist wohl die am meisten unsichere. Die Fischer fangen zwar kleinere Exemplare, bringen sie aber wohl nicht auf den Markt, so daß das notierte Minimum nicht dem tatsächlichen Minimum des 1. Laichjahres entspricht. Die Kurve zeigt auch nach dem 4. Lebensjahre einen eigenartigen Knick, der auf ein langsameres Wachstum zwischen 3.—4. Lebensjahre hinweisen müßte. Ich glaube aber, daß 23 cm für das Minimum am Schlusse des 3. Jahres zu hoch ist. Allerdings zeigt das Maximum denselben eigenartigen Knick. Ich habe die Kurve in ihrer Eigenart gelassen, da sie den gefundenen Tatsachen entspricht.

Die Kurve zeigt aber aufs deutlichste, daß die Wachstumsgeschwindigkeit, wie sie oben näher auseinandergesetzt ist, nicht auffällig erscheint, da bis zum Ende des 3. Jahres ein gleich schnelles Wachstum stattfindet. Von da an verlangsamt sich das Längenwachstum etwas, wie die Kurve für das 4. und 5. Jahr zeigt, es wäre dieses auch nicht wunderbar, da eine Menge Stoffe zur Reifung der Fortpflanzungsprodukte gebraucht werden und daher nicht dem Körper zu gute kommen können.

Jedoch auch bei anderen Fischen finden wir ein gleich schnelles Wachstum. Im Jahre 1894 hatte ich Gelegenheit, auf der Elbe Untersuchungen anstellen zu können und hatte mich näher mit der Finte, *Clupea finta,* beschäftigt. Während zweier Monate (17. Juli bis 21. September 1894) habe ich 1574 Finten gemessen, und zwar im Unterlauf der Elbe gefangene Tiere. Nachstehende Tabelle zeigt die Resultate, die in Fig. 9 wiederum graphisch [1]) dargestellt sind.

| Datum | Länge | | | Anzahl | Ort | Gewicht für 1 Exempl. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mittel | Minimum | Maximum | | | g |
| 17. Juli 1894 | 37 | 28 | 43 | 22 | Hannöver Sand | |
| 17. „ „ | 39 | 29 | 47 | 49 | Mühlenberg | |
| 18. „ „ | 39,6 | 28 | 49 | 100 | Twielenfleth | |
| 20. „ „ | 41,6 | 28 | 49 | 100 | Lühesand | |
| 22. „ „ | 40,7 | 34 | 46 | 45 | Mühlenberg | 0,55 |
| 24. „ „ | 47 | 29 | 57 | 75 | Lühesand | |
| 25. „ „ | 46,6 | 33 | 57 | 105 | „ | |
| 27. „ „ | 57,7 | 31 | 61 | 43 | Pagensand | |
| 27. „ „ | 50,8 | 34 | 60 | 40 | Schulau | 1,1 |
| 1. August 1894 | 45,2 | 33 | 61 | 30 | Mühlenberg | |
| 3. „ „ | 56,8 | 38 | 67 | 45 | Asseler Sand | |
| 3. „ „ | 52,1 | 39 | 66 | 18 | Hanskalbsand | |
| 4. „ „ | 56,0 | 40 | 72 | 16 | Schulau | 1,7 |
| 8. „ „ | 61,9 | 45 | 77 | 66 | Lühesand, Ebbe | |
| 8. „ „ | 65,2 | 44 | 82 | 47 | „ Flut | |
| 11. „ „ | 64,08 | 53 | 75 | 25 | Schweinesand, Ebbe | 2,16 |
| 18. „ „ | 70,9 | 51 | 89 | 89 | Estetonne, Flut | |
| 21. „ „ | 69,9 | 50 | 96 | 45 | Twielenfleth, Flut | 2,88 |
| 1. September 1894 | 82,5 | 61 | 117 | 131 | Hinterbak, Flut | |
| 4. „ „ | 87,6 | 58 | 105 | 35 | Schweinesand, Flut | |
| 5. „ „ | 70,9 | 51 | 93 | 59 | Bishorst, Flut | |
| 6. „ „ | 65,8 | 51 | 85 | 52 | „ „ | |
| 12. „ „ | 85,6 | 62 | 112 | 32 | Hanskalb, Flut | 5,53 |
| 12. „ „ | 88,9 | 65 | 110 | 100 | Estetonne, Ebbe | 6,19 |
| 13. „ „ | 89,17 | 68 | 118 | 126 | Böhaken, Ebbe | |
| 21. „ „ | 89,99 | 68 | 108 | 79 | Twielenfleth, Flut | 6,22 |
| | | | | 1574 | | |

[1]) Daß die Kurve zickzackförmig verläuft, hat seinen Grund darin, daß die Fische bald weiter unten, bald weiter oben im Unterlaufe der Elbe gefangen waren, also nicht unter den gleichen Bedingungen gelebt haben.

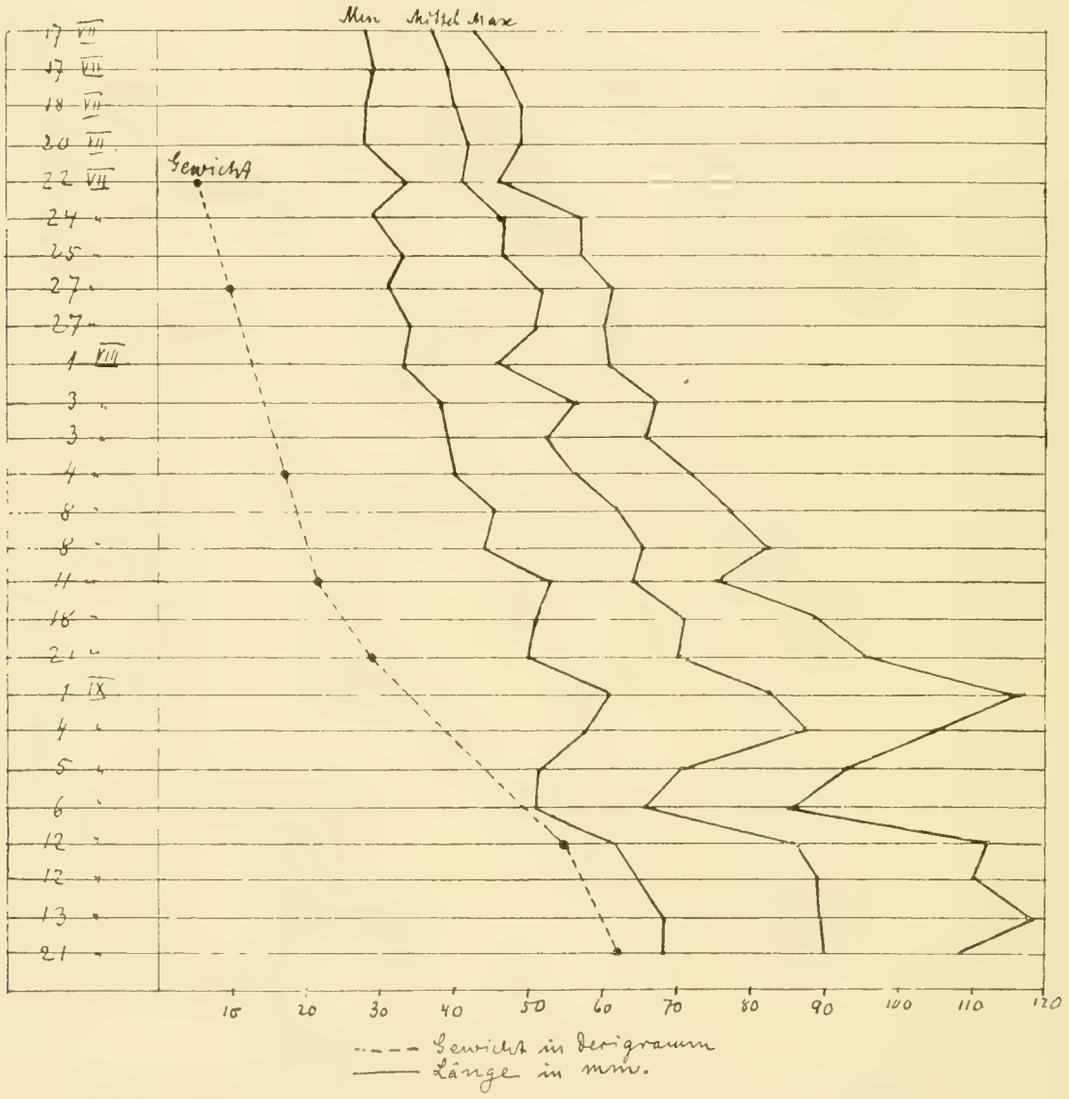



Fig. 9. Wachstumskurven für *Clupea finta.* Die ausgezogenen Linien geben die Längen in mm an, die punktierte Linie das Gewicht in dgr. Ein größerer Punkt auf letzterer Linie zeigt die Tage an, an welchen die Fische gewogen wurden, die feiner punktierte Linie dazwischen dient nur zur Verbindung.

Nach Ehrenbaum[1]) laicht die Finte Ende Mai, die aus den Eiern ausschlüpfenden Larven sind ca. 4¼ mm lang. Nach meinen Untersuchungen waren sie bis zum 21. September auf 89,99 mm im Mittel herangewachsen, also in 123 Tagen (Mai 10 Tage, Juni-August, September 21 Tage) 85,65 mm Zuwachs, das ist pro Tag 0,696 mm, ca. 0,7 mm. Ehrenbaum[1]) (pag. 30) hat dann im November Tiere von 80—124 mm Länge erhalten.

Die Finte ist in kürzerer Zeit — von Mai an — ebenso lang geworden, wie Platessa, deren erste Eier schon im Dezember resp. im November abgelegt werden. Die Zunahme nach dem Gewicht ist bei der Finte noch bedeutender, bringt aber die Wachstumsschnelligkeit noch besser zum Ausdruck, da in ihm auch die anderen Dimensionen des Körpers, nicht nur die Länge, enthalten sind.

[1]) Mitteil. d. Deutschen Seefischereivereins 1894, Beilage, und Wissensch. Meeresunters. N. F. Bd. 1. Abt. Helgoland.

# Pleuronectes flesus, Flunder, Struffbutt.

Mit den jungen Butt zusammen erhielt ich von Eckernförde fast stets noch junge Flundern, nur in dem Fang vom Juni 1899 (gefangen am 3. V. und 2., 3. VI.) fand ich auch nicht eine einzige Flunder. Die Flunder laicht später als der Butt, wir sehen daher im Juli, daß die Jungen bedeutend kleiner sind als die des Butts. Eine Zusammenstellung ergibt:

| | | Minimum | Mittel | Maximum |
|---|---|---|---|---|
| Juli 1897 | Flunder | 10 | 23,1 | 34 |
| | Butt | 22 | 45 | 63. |

Natürlich ist der Zuwachs auch geringer, so daß im November ein Vergleich mit Buttjungen das Zurückbleiben der Flunder zeigt.

| | | Minimum | Mittel | Maximum |
|---|---|---|---|---|
| November 1897 | Flunder | 28 | 42,02 | 80 |
| | Butt | 45 | 98 | 140 |

**Tabelle der gefangenen und gemessenen Flesusjungen.**

| | 1895 | 1897 | | | | | 1898 | | | 1899 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mm | 10. VIII. | 11. VII. | 10.—13. VIII. | 10.—13. IX. | 9.—12. X. | XI. | 25. VI. | 4. IX. | 14. IX. | 2. VI. | 3.—5. VIII. | 24.—26 IX. |
| 10 | — | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 11 | — | — | — | — | — | — | | | | | | |
| 12 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | – | |
| 13 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 14 | — | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | – | |
| 15 | — | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 16 | 1 | 7 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | – |
| 17 | — | 15 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | – |
| 18 | — | 15 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | - |
| 19 | 1 | 20 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | - |
| 20 | 1 | 16 | 1 | — | — | — | | | | | | |
| 21 | 2 | 15 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | - |
| 22 | 1 | 14 | 5 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | |
| 23 | 2 | 15 | 2 | — | — | — | — | — | — | — | 3 | |
| 24 | 9 | 17 | 7 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | |
| 25 | 4 | 19 | 14 | 1 | — | — | — | — | — | — | 3 | |
| 26 | 6 | 17 | 18 | — | 1 | — | — | — | — | — | 2 | |
| 27 | 18 | 17 | 42 | 5 | 2 | — | — | — | — | — | 4 | |
| 28 | 13 | 11 | 45 | 10 | 2 | 1 | — | — | — | — | 3 | |
| 29 | 26 | 3 | 50 | 22 | 5 | — | — | — | — | — | 5 | |
| 30 | 15 | 6 | 45 | 38 | 8 | 2 | — | — | — | — | 8 | |
| 31 | 26 | — | 37 | 56 | 21 | 4 | — | — | — | — | 3 | |
| 32 | 38 | 1 | 42 | 56 | 18 | 1 | — | — | — | — | 8 | |
| 33 | 27 | 1 | 41 | 67 | 45 | 11 | — | 1 | 1 | — | 6 | |
| 34 | 27 | 3 | 37 | 30 | 45 | 11 | 1 | — | — | — | 4 | |
| 35 | 52 | — | 35 | 71 | 71 | 13 | — | — | 2 | — | 7 | |
| 36 | 31 | — | 15 | 51 | 40 | 13 | 2 | 1 | 1 | — | 4 | |
| 37 | 29 | — | 33 | 65 | 46 | 17 | 3 | 3 | — | — | 1 | 1 |
| 38 | 27 | — | 28 | 45 | 67 | 13 | 1 | 1 | 4 | — | 2 | 1 |
| 39 | 25 | — | 30 | 62 | 37 | 11 | 3 | 2 | 4 | — | 7 | |
| 40 | 19 | — | 31 | 39 | 36 | 9 | 2 | 6 | 4 | — | 2 | |
| 41 | 24 | — | 16 | 41 | 27 | 6 | 3 | 6 | 6 | — | 2 | |
| 42 | 34 | — | 22 | 44 | 35 | 6 | 3 | 3 | 6 | — | — | 3 |
| 43 | 17 | — | 17 | 32 | 28 | 5 | 3 | 4 | 3 | — | — | |
| 44 | 13 | — | 17 | 16 | 22 | 5 | 1 | 7 | 5 | — | 2 | 1 |
| zu übertragen | 487 | 221 | 629 | 801 | 556 | 128 | 22 | 55 | 12 | 0 | 78 | 6 |

| mm | 1895 | 1897 | | | | | 1898 | | | 1899 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10. VIII. | 11. VII. | 10.—13. VIII. | 10.—13. IX. | 9.—12. X. | XI. | 25. VI. | 4. IX. | 14. IX. | 2. VI. | 3.—5. VIII. | 24.—26. IX. |
| Übertrag | 487 | 221 | 629 | 801 | 556 | 128 | 22 | 35 | 42 | 0 | 78 | 6 |
| 45 | 14 | | 18 | 29 | 42 | 3 | 3 | 5 | 3 | | | |
| 46 | 10 | | 7 | 25 | 22 | 4 | 1 | 3 | 8 | | 2 | 2 |
| 47 | 5 | | 12 | 15 | 17 | 2 | 5 | 3 | 4 | | 2 | |
| 48 | 4 | | 8 | 14 | 24 | 4 | | 2 | 8 | | | 1 |
| 49 | 4 | | 10 | 17 | 17 | 4 | 5 | 4 | 5 | | 2 | 1 |
| 50 | 3 | | 7 | 10 | 14 | 6 | 1 | 2 | | | | |
| 51 | 8 | | 10 | 17 | 19 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
| 52 | 7 | | 8 | 6 | 7 | 2 | 4 | 1 | 2 | | | 1 |
| 53 | | | 2 | 11 | 7 | | 2 | 3 | 1 | | | 2 |
| 54 | 2 | | 3 | 10 | 8 | 5 | | 2 | | | | 1 |
| 55 | 1 | | 3 | 8 | 4 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 56 | 2 | | | 9 | 4 | 2 | | | 3 | | | |
| 57 | 2 | | 5 | 4 | 5 | 2 | 3 | | 1 | | | 1 |
| 58 | | | 5 | 4 | 11 | | 3 | | | | | |
| 59 | 1 | | | 2 | 9 | | 2 | | 1 | | | |
| 60 | | | | 10 | 3 | | 3 | | 2 | | | 1 |
| 61 | | | | 5 | 1 | 2 | 3 | | 1 | | | |
| 62 | 1 | | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | | | | | |
| 63 | | | | 1 | 6 | 1 | | | | | | |
| 64 | | | | 1 | 6 | | 2 | 1 | | | | |
| 65 | 1 | | | 4 | 4 | 2 | 2 | | | | | |
| 66 | | | | 2 | 1 | 2 | | | | | | 1 |
| 67 | | | 1 | 1 | 4 | | | | | | | 2 |
| 68 | | | | | 3 | | | | | | | |
| 69 | | | | 1 | | | | | | | | |
| 70 | | | | 2 | | | 3 | | | | | |
| 71 | | | | 2 | 1 | | | | | | | |
| 72 | | | | | 1 | | | | | | | 1 |
| 73 | | | | | 2 | | | | | | | |
| 74 | | | | | 1 | | 1 | | | | | |
| 75 | | | | | 1 | | | | | | | |
| 76 | | | | | 2 | 1 | | | | | | |
| 77 | | | | | | | 1 | | | | | |
| 78 | | | | | 3 | | | | | | | 1 |
| 79 | | | | | 1 | | | | | | | |
| 80 | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 81 | | | | | | | | | | | | |
| 82 | | | | | 1 | | 1 | | | | | |
| 83 | | | | | | | 1 | | | | | |
| 84 | | | | | | | | | | | | |
| 85 | | | | | | | 1 | | | | | |
| 86 | | | | | | | | | | | | |
| 87 | | | | | | | | | | | | |
| 88 | | | | | 1 | | 1 | | | | | |
| 89 | | | | | | | | | | | | |
| 90 | | | | | | | 1 | | | | | |
| 91 | | | | | | | | | | | | |
| 92 | | | | | | | | | | | | |
| 93 | | | | | | | | | | | | |
| 94 | | | | | | | | | | | | |
| 95 | | | | | | | | | | | | |
| 96 | | | | | | | | | | | | |
| 97 | | | | | | | | | | | | |
| 98 | | | | | | | | | | | | |
| 99 | | | | | | | | | | | | |
| 100 | | | | | | | | | | | | |
| 101 | | | | | | | | | | | | |
| 102 | | | | | | | | | | | | |
| 103 | | | | | | | | | | | | |
| 104 | | | | | | | | | | | | |
| 105 | | | | | | | | | | | | |
| 106 | | | | | | | | | | | | |
| 107 | | | | | | | | | | | | |
| 108 | | | | | | | | | | | | |
| 109 | | | | | | | 1 | | | | | |
| | 552 | 211 | 729 | 1013 | 812 | 176 | 78 | 65 | 85 | 0 | 84 | 21 |
| Mittel | 36,4 | 23,1 | 35,46 | 39,14 | 42,0 | 42,02 | **54,8** | 44,1 | 42,3 | — | 33 | 53 |

Die Kurve der Minima, Mittel und Maxima zeigt namentlich für das Maximum einen eigentümlichen Verlauf. Die Knickung nach dem November zu kann zweierlei Gründe haben. Einmal sind in diesem Monat nur 176 Individuen gefangen, während in den vorhergehenden Monaten bis 1000 Stück untersucht werden konnten. Die großen Exemplare sind verhältnismäßig spärlich mitgefangen, daher die Maximalzahl im November kleiner ist als im Oktober. Andererseits ist es aber auch möglich, daß die größeren Flunder sich vom flachen Ufer zurückgezogen haben und in die Tiefe zu wandern begannen oder schon begonnen hatten.

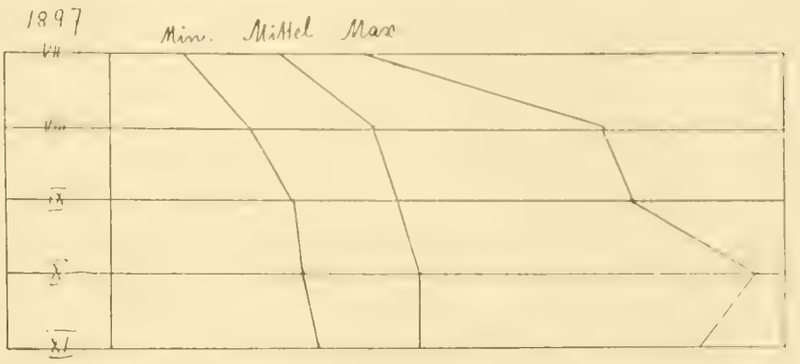



Fig. 10. Länge der gemessenen Flunder (Minimum, Mittel, Maximum) in den Monaten Juli—November 1897 in mm.

Vergleichen wir die Mittelzahlen für die verschiedenen Jahre, so sehen wir, daß die Zahlen im August auffällig genau stimmen, im September steigt die Längenzahl vom Jahre 1897—1899 recht erheblich an. Ganz heraus fällt aber der Fang im Juni 1898. Die hohe Zahl kann ich mir nur erklären, daß einmal viel vorjährige Flundern am Strande mitgefangen sind, andererseits das Mittel so hoch ist, weil die kleinsten Flundern nicht mitgefangen wurden. Das kleinste Exemplar maß 34 mm, während ich im Juli 1897 noch Exemplare von nur 10 mm Länge erhielt.

| | 1895 | 1897 | 1898 | 1899 |
|---|---|---|---|---|
| Juni . . . . | — | — | 54,8 | — |
| Juli . . . . | — | 23,1 | — | — |
| August . . . | 36,4 | 35,46 | — | 33 |
| September . | — | 39,14 | 42,3<br>44,1 | 53 |
| Oktober . . | — | 42 | — | — |
| November . | — | 42,02 | — | — |

| Datum | Mittel Länge | Tage | Zuwachs Gesamt | Zuwachs pro Tag |
|---|---|---|---|---|
| 11. Juli . . . | 23,1 | | | |
| | | 31 | 12,36 | 0,4 |
| 11. August . | 35,46 | | | |
| | | 31 | 3,68 | 0,118 |
| 11. September | 39,14 | | | |
| | | 30 | 2,76 | 0,09 |
| 11. Oktober . | 42,0 | | | |
| | | 31 | 0,02 | 0,0007 |
| 11. Novbr.[1]) . | 42,02 | | | |
| | mm | | mm | mm |

Für die Berechung des Zuwachses bleibt nur die Serie 1897. Der mittlere Zuwachs beträgt vom Juli zum August 0,4 mm, eine Zahl, wie wir sie auch oben bei Platessa gefunden haben. Vom August an nimmt sie ganz gewaltig ab, der Zuwachs ist schließlich nur noch minimal. Für die Zeit vom Oktober bis November können die beiden oben angegebenen Gründe daran Schuld sein, denn ein Stillstehen, diesem kommt der geringe Zuwachs gleich, ist nicht anzunehmen.

[1]) Für den November habe ich leider den Tag zu notieren vergessen. Es ist aber auch ziemlich gleichgültig, ob die Zahl der Tage etwas größer oder kleiner wird, der Zuwachs pro Tag ist minimal.

## Anhang zu Seite 4.

Über das Verhältnis der rechts- und linksäugigen Flunder *(Pleuronectes flesus)* geben folgende Zahlen Auskunft:

| Datum | Anzahl | rechts | links | in % rechts | in % links | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4. August 1895 . . . | 108 | 59 | 49 | 54,7 | 45,3 | Laboe bei Kiel. |
| 10. „ „ . . . . | 552 | 335 | 217 | 60,7 | 39,3 | Eckernförde. |
| 11. Juli 1897 . . . . . | 211 | 114 | 97 | 54 | 46 | „ |
| 10.—13. August 1897 . . | 731 | 398 | 333 | 54,5 | 45,5 | „ |
| 20. August 1897. . . . | 404 | 239 | 165 | 59,2 | 40,8 | Laboe. |
| 10.—13. September 1897. | 1013 | 597 | 416 | 58,9 | 41,1 | Eckernförde. |
| 25. Juni 1898 . . . . | 78 | 43 | 35 | 55,4 | 44,6 | „ |
| 4. September 1898 . . | 65 | 37 | 28 | 56,93 | 43,07 | „ |
| 14. „ „ . . | 85 | 42 | 43 | 49,4 | 50,6 | „ |
| 3.—5. August 1899. . . | 84 | 55 | 29 | 65,4 | 34,6 | „ |
| Summe | 3331 | 1919 | 1412 | | | |
| | | im Mittel . . . . | | 57,31 | 42,69 | |
| | | im Minimum. . . | | 49,4 % | 34,6 % | |
| | | im Maximum . . | | 65,4 % | 50,6 % | |

Untersucht wurden 3331 Exemplare. Von diesen waren 1919 rechts-, 1412 linksäugig, in % ausgedrückt 57,31 und 42,69 %.

Nur am 14. September waren die Zahlen beider Formen gleich, sonst überwogen stets die rechtsäugigen, im Maximum (August 1899) fanden sich fast doppelt so viel rechts- als linksäugige. Nie aber war die Zahl der linksäugigen größer.

### Rhombus maximus, Steinbutt.

Junge Steinbutt waren regelmäßiger in den Fängen, im August 1899 in ziemlich großer Zahl. Die mittlere Länge im August 1897 und 1899 stimmen sehr gut überein.

| | Länge | Zuwachs | pro Tag |
|---|---|---|---|
| 11. Juli . . . . . | 21,5 | | |
| 11. August . . . . . | 21,3 | ? | |
| 11. September . . . . . | 31,7 | 10,4 | 0,35 mm |
| 11. Oktober. . . . . | 52,18 | 20,48 | 0,68 mm |

Da am 11. Juli nur 4 Steinbutt gefangen waren und da die kleinsten Exemplare, die dem Augustfang nach vorhanden gewesen sein müssen, nicht mitgefangen sind, so ist das Mittel zu hoch. Der Zuwachs vom August zum September beträgt pro Tag $^1/_3$ mm, für den folgenden Monat berechnet er sich auf $^2/_3$ mm. Die Zahl der gefangenen Exemplare ist etwas gering, so daß sich die Mittel nicht mit genügender Sicherheit angeben lassen.

**Tabelle über Rhombus maximus.**

| mm | 1897 | | | | 1899 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11. VII. | 10.—13. VIII. | 10.—11. IX. | 9.—13. X. | 3.—5. VIII. | 24.—26. IX. |
| 16 | — | 1 | — | — | 1 | — |
| 17 | — | 1 | — | — | — | — |
| 18 | 1 | — | — | — | 2 | — |
| 19 | — | 3 | — | — | 11 | — |
| 20 | — | 8 | — | — | 8 | — |
| 21 | — | 2 | — | — | 10 | — |
| 22 | 1 | 4 | — | — | 13 | — |
| 23 | 2 | 4 | 2 | — | 7 | — |
| 24 | — | 2 | 1 | — | 6 | — |
| 25 | — | — | 2 | — | 3 | — |
| 26 | — | — | 1 | — | — | — |
| 27 | — | 1 | 2 | — | 1 | — |
| 28 | — | 1 | 1 | — | 1 | — |
| 29 | — | — | — | — | — | — |
| 30 | — | — | 2 | 1 | — | — |
| 31 | — | — | — | — | — | — |
| 32 | — | — | 1 | — | — | — |
| 33 | — | — | 1 | — | — | — |
| 34 | — | — | — | — | — | — |
| 35 | — | — | — | — | — | — |
| 36 | — | — | — | — | — | — |
| 37 | — | — | — | — | — | — |
| 38 | — | — | 1 | — | — | — |
| 39 | — | — | — | — | — | — |
| 40 | — | — | 1 | — | — | — |
| 41 | — | — | — | — | — | — |
| 42 | — | — | 1 | 1 | — | — |
| 43 | — | — | 1 | 2 | — | — |
| 44 | — | — | — | 1 | — | — |
| 45 | — | — | 1 | — | — | — |
| 46 | — | — | 1 | — | — | — |
| 47 | — | — | — | — | — | — |
| 48 | — | — | — | — | — | — |
| 49 | — | — | — | 1 | — | — |
| 50 | — | — | 1 | — | — | 1 |
| 51 | — | — | — | — | — | — |
| 52 | — | — | — | 1 | — | 1 |
| 56 | — | — | — | — | — | 1 |
| 57 | — | — | — | 1 | | |
| 59 | — | — | — | — | — | 1 |
| 63 | — | — | — | 1 | — | 1 |
| 71 | — | — | — | 1 | — | |
| 80 | — | — | — | 1 | — | |
| | 4 | 27 | 20 | 11 | 63 | 5 |
| Mittel | 21,5 | 21,3 | 31,7 | 52,18 | 21,46 | 56,00 |

**Tabelle über das Vorkommen von Zungen, Solea vulgaris.**

| mm | 1898 | |
|---|---|---|
| | 4. IX. | 14. IX. |
| 20 | — | 2 |
| 21 | | 1 |
| 22 | | |
| 23 | — | 1 |
| 24 | — | 1 |
| 25 | — | 1 |
| 26 | 2 | 1 |
| 27 | — | 1 |
| 28 | — | 3 |
| 29 | 1 | 4 |
| 30 | — | 2 |
| 31 | — | — |
| 32 | 1 | 3 |
| 33 | — | 2 |
| 34 | 1 | 2 |
| 35 | 1 | 2 |
| 36 | 2 | 3 |
| 37 | 3 | 4 |
| 38 | 2 | 6 |
| 39 | 2 | 1 |
| 40 | 1 | 4 |
| 41 | — | 1 |
| 42 | — | 5 |
| 43 | — | 3 |
| 44 | — | 3 |
| | 16 | 56 |
| Mittel | 34,93 | 35,5 |

## Rhombus laevis

wurde im August 1897 in 3 Exemplaren in der Größe von 20, 24, 30 mm gefangen.

## Solea vulgaris, Zunge.

Erwähnt soll nur werden das Vorkommen junger Zungen, die im September 1898 nicht selten gefangen wurden, trotzdem die Zunge in unseren Gewässern zu den selteneren Fischen gehört. Die Menge der gefangenen Jungen läßt aber wohl nur den Schluß zu, daß Zungen in der Ostsee gelaicht haben, nicht, daß die Jungen eingewandert sind.

**Kiel,** November 1899, abgeschlossen Oktober 1903.

Während des Druckes dieser Arbeit erschien ein Bericht von Krüger (Mitteil. d. Deutschen Seefischereivereins, Dezember 1903) über seine Untersuchungen über junge Plattfische in der Ostsee, der nur erwähnt werden kann.

# Über das Vorkommen

und die

# Verbreitung stickstoffbindender Bakterien im Meere.

Von

**Joseph Keutner.**

(Aus dem Botanischen Institut in Kiel.)

Es ist die Aufgabe der vorliegenden, im botanischen Institut zu Kiel durchgeführten Arbeit, den Nachweis des Vorkommens von Stickstoffbakterien im Meere zu erbringen.

Ehe ich zur Darstellung der eigenen Resultate schreite, will ich einen kurzen Überblick geben über unsere heutigen Kenntnisse von stickstoffbindenden Mikroorganismen auf dem Festlande, sehe dabei jedoch ab von denjenigen, welche in Symbiose mit höheren Pflanzen leben *(Leguminosenbakterien, Mycorhizen).*

Die ersten Angaben über stickstoffassimilierende Bakterien erhalten wir 1885 von Berthelot[1]). Dieser Forscher sprach schon damals die Meinung aus, daß man in jedem Ackerboden zahlreiche Mikroorganismen nachweisen kann, die imstande sind, den freien atmosphärischen Stickstoff zu binden. Er gab ferner an, daß es ihm gelungen sei, eine größere Anzahl dazu befähigter Bakterien mittelst gewöhnlicher Nährgelatine zu isolieren.

Diese letzteren Angaben stehen im Widerspruch zu den etwa 10 Jahre später veröffentlichten Resultaten Winogradsky's[2]), der aus seinen Versuchen den Schluß zog, daß diejenigen Bakterien, welche sich auf dem genannten Nährboden isolieren lassen, durchaus unfähig sind, den freien atmosphärischen Stickstoff zu binden. Mit Hilfe der von ihm sogenannten „elektiven" Kulturmethode ist es dem genannten Forscher jedoch gelungen, einen Bazillus *(Clostridium)* zu isolieren, welcher imstande ist, den gasförmigen Stickstoff der Luft zur Synthese von Eiweiß zu verwenden. In Nährlösungen, welche tunlichst frei waren von Stickstoffverbindungen, aber alle andere Stoffe enthielten und infiziert wurden mit geringen Mengen Erde aus dem botanischen Garten von St. Petersburg, stellte sich zunächst auf Kosten geringer Verunreinigungen der Nährlösung mit Stickstoffverbindungen, nach 3—4 Tagen ein lebhaftes Wachstum von Bakterien unter starker Trübung der Nährlösung ein. Fünf Tage später konnte man auch Gasentwicklung beobachten. Beim Öffnen der Kulturgefäße machte sich ein intensiver Buttersäuregeruch bemerkbar. Die mikroskopische Untersuchung ließ als Ursache der Gährung ein anaerobes 1,2—3 $\mu$ lang und 2 $\mu$ dickes *Clostridium* erkennen, welches in Reinkultur, im Stickstoffstrom kultiviert, reichlich (auf 1 g Dextrose 2—3 mgr N) Stickstoff zu binden vermochte, bei Sauerstoffzutritt jedoch die Fähigkeit nur dann zeigte, wenn andere Bakterien zugegen waren, die das *Clostridium* vor Sauerstoffzutritt schützten; er nannte es *Clostridium Pasteurianum.*

Die genauere Beschreibung gab der Forscher erst im Jahre 1902.[3])

*Clostridium Pasteurianum* zeichnet sich besonders durch die Bildung einer höchst charakteristischen Sporenkapsel, hervorgehend aus der Mutterzellmembran, aus, durch die es von anderen *Clostridien* leicht zu unterscheiden war.

In Erdproben von Süd-Rußland wurde das genannte *Clostridium Pasteurianum* nicht nachgewiesen, wohl aber ein anderes, (*Clostridium* aus Wolhynien) größeres, zur Asporogonie neigendes *Clostridium*, dessen Reinkultivierung zwar in einwandsfreier Weise noch nicht gelang, dessen Befähigung zur Stickstoffbindung trotzdem jedoch durch Omeliansky[4]) erwiesen werden konnte.

---

[1]) Comptes rendus 1885. Bd. 101. S. 175.

[2]) Arch. de science biol. St. Petersbourg. Bd. II 1895. S. 297.

[3]) Bact. Ctl. II. Bd. 9. 1902. S. 43.

[4]) Winogradsky l. c. S. 51.

Einen wesentlichen Fortschritt bedeutet die im Jahre 1901 veröffentlichte Untersuchung Beijerinck's[1]), der mit Hülfe einer von Stickstoffverbindungen freien Nährlösung, die mit Gartenerde, Kanalwasser u. dergl. geimpft wurde, bis 4 $\mu$ dicke und 5—7 $\mu$ lange, aerobe Stäbchen oder Kokken-ähnliche Formen isolierte, die oft zu riesigen Diplokokken verbunden blieben, schließlich in älteren Kulturen Sarcina-ähnliche Pakete bilden konnten und in den genannten Nährlösungen eine reiche Vegetation hervorriefen.

Beijerinck benannte diese Bakteriengattung *Azotobacter* und unterschied zwei Arten, nämlich: *„Azotobacter chroococcum"* und *„Azotobacter agilis"*. Ersterer wurde vorwiegend aus Erde, letzterer aus Kanalwasser bei Delft gewonnen.

In stickstofffreien oder armen Nährlösungen vermehrte sich *Azotobacter* so schnell, daß die nebenbei entwickelten anderen Bakterien derart zurückgedrängt wurden, daß die ganze Masse vorwiegend aus *Azotobacter* bestand. Außer den in der Flüssigkeit umherschwimmenden schleimigen Klumpen, bildeten sich an der Glaswand, im Niveau der Nährlösung, gallertartige, weißlichgelbe Anhäufungen, welche mit zunehmendem Alter eine rostbraune Färbung annahmen. Bestimmte man in einer solchen Kultur den Stickstoffgehalt, so zeigte sich, daß ein nicht unbedeutender Erwerb des gasförmigen Stickstoffes stattgefunden hatte.

Bei der von Beijerinck in Gemeinschaft mit van Delden[2]) vorgenommenen Fortsetzung dieser Versuche wurde die Beobachtung gemacht, daß in Reinkulturen der Ertrag an gebundenem Stickstoff ein bei weitem geringerer war, wie in Rohkulturversuchen. Auch stellten die zwei Forscher fest, daß im ersten Falle der Zucker nicht aufgebraucht wurde, während im letzten die Stickstoffaufnahme mit dem vollständigen Verschwinden des Zuckers einherging. Aus dieser Tatsache schlossen sie, daß *Azotobacter* in Rohkultur die stickstoffassimilierende Tätigkeit in Symbiose mit anderen Bakterien ausübe und machten die, dem *Azotobacter* ihrer Ansicht nach, notwendigen Symbionten namhaft. Es waren dies Bakterien aus der Gattung *Granulobacter,* ferner *Aerobacter aerogenes* und *Bacillus radiobacter.*

Beijerinck ist der Ansicht, daß alle Arten der Gattung *Granulobacter* an und für sich das Vermögen besitzen, den freien Stickstoff aufzunehmen, daß jedoch diese Befähigung erst durch Symbiose mit *Azotobacter* zur Vollendung gelange; jedoch spricht er dem *Aerobacter aerogenes* sowohl wie dem *Radiobacter* für sich allein diese Fähigkeit ab.

Betrachtet man die Zahlen, die Beijerinck in Reinkultur gewann, so zeigt sich, daß der Gewinn an Stickstoffverbindungen in einem Liter höchstens 5,5 mg betrug, d. h. offenbar nur sehr wenig über die Fehlergrenze hinausging, so daß es in Frage gestellt war, ob *Azotobacter* in Reinkultur wirklich die Fähigkeit habe, Stickstoff zu assimilieren.

Im Gegensatz dazu konnten Gerlach und Vogel[3]) den sicheren Nachweis erbringen, daß tatsächlich auch *Azotobacter chroococcum* in Reinkultur den Stickstoff zu binden imstande ist. In einer ersten Arbeit[3]) erzielten die genannten Forscher durchschnittlich einen Gewinn von 13 mg bei Darbietung von 2 g Dextrose in einem Liter Nährlösung.

In einer weiteren Mitteilung[4]) gelang es durch Darbietung von 12 g Dextrose, den Stickstoffgewinn sogar bis zu 128 mgr pro Liter zu steigern.

Auch Koch und Kröber[5]) fanden bei Verwendung von Reinkulturen von *Azotobacter* den ansehnlichen Erwerb von 40—56 mg Stickstoff in einem Liter Nährlösung. Ihre Versuche stimmen jedoch insofern mit denjenigen von Beijerinck überein, als sie in Rohkulturen stets höheren Stickstoffgewinn erzielten, als in Reinkulturen.

Die Untersuchungen Freudenreich's[6]), welcher ebenfalls mit *Azotobacter* arbeitete, zeigten, wie die der vorhergenannten Forscher, daß *Azotobacter* auch ohne das Vorhandensein der von Beijerinck geforderten Symbionten den freien atmosphärischen Stickstoff festlegen konnte. Freudenreich stellte unter

[1]) Bact. Ctl. II. Bd. VII. 1901. S. 560.
[2]) Bact. Ctl. II. Abt. Bd. 9. 1902. S. 3.
[3]) Bact. Ctl. II. Abt. Bd. 8. 1902. S. 669.
[4]) Bact. Ctl. II. Abt. Bd. 9. 1902. S. 818.
[5]) Ges. deutscher Naturforscher u. Ärzte, Verhandlungen 1902. Allg. Teil. S. 12 d. S. A.
[6]) Bact. Ctl. II. Abt. Bd. 10. 1903. S. 514.

anderem seine Versuche derart an, daß er den *Azotobacter* auf mit Nährlösung getränkten Gypsplatten kultivierte.

Ich füge zum Schluß bei, daß es auch mir mit Leichtigkeit gelang, *Azotobacter chroococcum* aus diversen Erdproben des botanischen Gartens von Kiel zu isolieren und die Stickstoffbindung durch Reinkulturen nachzuweisen. (Näheres unten.)

Da wir in Bezug auf die Stickstoffbindung durch freilebende Schimmelpilze[1]) noch im Unklaren sind und jedenfalls die exakteren Arbeiten eine solche nicht nachweisen konnten, kommen wir zu dem Schluß, daß es bisher blos von den beiden beschriebenen Bakteriengattungen oder nahen Verwandten feststeht, daß sie diese Fähigkeit besitzen.

Werfen wir nun noch einen Blick auf die Lebenstätigkeit der stickstoffassimilierenden Bakterien in der freien Natur und fragen wir, an welchen Standorten dieselben ihre Tätigkeit wohl entfalten können.

Zunächst ergibt sich die Unabhängigkeit der bakteriellen Stickstoffbindung von größerem oder geringerem Luftzutritt zu den Substraten aus der Verschiedenheit der Ansprüche der betreffenden Bakterien.

In sauerstofffreien Medien ist die Stickstoffbindung durch die Clostridien gewährleistet, bei Sauerstoffzutritt können, wie Winogradsky fand, diese in Symbiose mit anderen Arten arbeiten; außerdem sind durchlüftete Substrate die geeignetste Wohnstätte für *Azotobacter*. Entscheidend für diese Frage, ob die betreffenden Bakterien in Tätigkeit treten können, wird in erster Linie der Gehalt an assimilierbaren Kohlenstoffverbindungen sein.

Bezüglich dieser dürften wohl die Clostridien ziemlich anspruchsvoll sein, da *Clostridium Pasteurianum* nach Winogradsky[2]) nur Dextrose, Lävulose, Rohrzucker, Inulin, Galactose, Dextrin vergährt, zahlreiche andere Alkohole und Zuckerarten unberücksichtigt läßt.

Andererseits ist *Azotobacter* ein ausgesprochen polyphager Organismus, so nimmt er mit vielen organischen Säuren vorlieb.

Da bekanntlich die Auswahl der Kohlenstoffnahrung in der freien Natur eine nicht allzugroße ist, so wird die Annahme erlaubt sein, daß *Azotobacter chroococcum* eine bedeutendere Rolle im Haushalt der Natur zu spielen berufen ist, als *Clostridium Pasteurianum,* soweit wir wenigstens aus den Resultaten von Reinkulturen auf das Verhalten in freier Natur schließen dürfen.

Die Bedeutung der genannten Formen für den Haushalt der Natur ergibt auch ein Blick auf ihre geographische Verbreitung: *Clostridium Pasteurianum* konnte in jeder Erdprobe des St. Petersburger botanischen Gartens, ferner in Pariser Gartenerde nachgewiesen werden. In Erde aus verschiedenen Gegenden Südrußlands wird es vertreten durch *Clostridium Wolhynicum.* Ferner ist es gelungen, das Vorkommen von *Clostridium Pasteur.* sowohl in der Schweiz[3]), als auch in Süddeutschland[4]) zu konstatieren.

Was die Verbreitung von *Azotobacter chroococcum* betrifft, so wissen wir, daß derselbe mit Sicherheit zuerst in Holland nachgewiesen wurde, obwohl aller Wahrscheinlichkeit nach bereits Winogradsky[5]) denselben bei seinen Versuchen mit *Clostridium* unter den Händen hatte.

Sein Vorkommen in der Schweiz, sowie in Posen zeigten die Versuche Freudenreich's[6]) bezw. diejenigen von Gerlach und Vogel[6]); ebenso konnte Alfr. Koch[6]) die Anwesenheit jenes Bazillus sowohl in Hannover als auch in Braunschweig feststellen.

---

[1]) Vgl. die Literaturzusammenstellung bei Pfeffer, Phys. IIa. I. Bd. S. 384 ff.
Von neueren Arbeiten wären zu erwähnen:
Saida. Ber. d. d. bot. Ges. 1902. S. 107, der positive Resultate erzielt haben will.
Negative Resultate hatten:
Brefeld. Jahrbücher d. schles. Ges. f. vaterl. Kultur. Zool. bot. Sektion 1900.
Czapek. Beitr. z. chem. Phys. u. Pathol. 1902. Bd. 2.
Koch, Alfred. l. c. S. 14.

[2]) Bact. Ctl. II. Abt. Bd. 9. 1902. S. 109. Dort auch Angaben über die Produkte der Gährung.

[3]) Freudenreich. l. c.

[4]) Behrens. Cit. nach Koch, l. c. S. 16. Derselbe fand *Clost. Past.* an den Kalksteinen, die zur Aufbesserung des Bodens in Weinberge gebracht wurden.

[5]) l. c. Bact. Ctl. II. Bd. 9 1902. S. 110.

[6]) l. c.

Was die Qualität des Bodens angeht, so ergaben die Untersuchungen Beijerincks, daß *Azotobacter* in zahlreichen verschiedenen Bodenarten nachgewiesen werden konnte. Auch machte er die Beobachtung, daß er in Dünen des Seestrandes vorhanden war, hingegen fehlte er in Heideböden, was auf die in denselben vorhandene, für die Entwicklung von *Azotobacter* schädliche Säure zurückzuführen sein dürfte.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß überall auf dem Festlande, wo man gesucht hat, jene Bakterien hausen und so im Verein mit anderen Faktoren dafür sorgen, daß dauernd das Gleichgewicht zwischen freiem und gebundenem Stickstoff gewährleistet wird. Ist es doch auch bekannt, daß die Land- und Forstwirtschaft[1]), ferner der Weinbau[1]) heutigen Tages sich bemühen, die Fähigkeit jener Bakterien durch geeignete Maßnahmen in ihren Dienst zu stellen.

So erinnere ich nur an den bekannten Versuch von Kühn[2]), welcher 20 Jahre hindurch Roggen auf ein und demselben Acker ohne Stickstoffdüngung kultivierte und dabei normale Ernten erzielte, was ohne Zweifel nur durch Anwesenheit stickstoffbindender Bakterien im Boden möglich war. Es braucht daher nicht weiter betont zu werden, daß es nicht ohne Interesse war, die Frage nach dem Vorkommen stickstoffbindender Bakterien im Meere in Angriff zu nehmen.

Nachdem es gelungen war[3]), nach verschiedenen Versuchen das Vorkommen der beiden oben genannten Bakterien im Meere nachzuweisen, konnte man nach zwei Richtungen die Frage weiterhin zu fördern suchen: entweder die in bekannten Meeresgegenden gefundenen Formen in ernährungsphysiologischer Hinsicht genau studieren oder aber zunächst einmal, ohne einzugehen auf physiologische Details, die Frage mehr nach der biologisch-geographischen Seite hin fördern, die natürlichen Standorte tunlichst ermitteln, und durch die Untersuchung von Wasser, Algen, Grundproben aus verschiedenen Gegenden und Tiefen ein Bild zu schaffen von der geographischen Verbreitung jener Organismen.

Ich habe hauptsächlich nach der zweiten Richtung hin gearbeitet und lege in Folgendem meine bisherigen Ergebnisse vor[4]).

## Analytische Methode.

Zur Kultur benutzte ich Winogradsky's „elektive" Kulturmethode; als Nährsalze dienten Dikaliumphosphat, Magnesiumsulfat, als Kohlenstoffquelle meistens Mannit oder Dextrose, als Lösungsmittel reines, filtriertes Ostseewasser unter eventueller Zugabe bestimmter Mengen Kochsalz; ferner Leitungswasser, je nachdem das Impfmaterial aus der Ostsee, Nordsee, dem Indischen Ozean oder aus süßem Wasser stammte.

In den meisten Fällen setzte ich Kreide zu, um die durch die Clostridien erzeugte Buttersäure zu neutralisieren; auch kamen zu einigen Kulturen geringe Mengen Ammoniumsulfat.

Über Volumen und Konzentration der Nährlösungen findet man das Nähere in den bei der Besprechung der einzelnen Versuchsreihen zitierten numerierten Tabellen. Für sämtliche Versuche benutzte ich Erlenmeyerkolben von verschiedener Größe. Dieselben wurden mit Nährlösung beschickt, mittelst Watte verschlossen, im Dampfstrom bei 100° an drei auf einander folgenden Tagen keimfrei gemacht und geimpft. Die geimpften Kolben wurden bei Zimmertemperatur (15—20° bezw. 25°) aufgestellt. Zum Teil kamen sie in einen dunklen Kasten oder Schrank, einigemal auch in den Thermostaten (27—30°) zu stehen. Die Luft hatte entweder durch die Watte ungehinderten Zutritt zur Nährlösung oder wurde auch vorher mit Kalilauge und Schwefelsäure gewaschen, ohne daß dadurch das Ergebnis geändert worden wäre. Auch einige anaerobe Kulturen wurden angesetzt; es gelangten in diesem Falle die Kulturen unter geräumige Glasglocken, innerhalb derer die Luft mittelst alkalischer Pyrogallollösung von Sauerstoff befreit wurde.

Die Stickstoffbestimmungen führte ich in der Regel nach Kjeldahl aus und brachte nur dann die Methode nach Jodlbauer in Anwendung, wenn durch das Einführen größerer Mengen Schlick zugleich

[1]) Alfr. Koch. l. c. S. 16.

[2]) Fühling's Landw. Ztg. 1901. Bd. 1.

[3]) Benecke u. Keutner. Über stickstoffbindende Bakterien in der Ostsee. Ber. d. d. bot. G. 1903. Bd. 21. S. 333.

[4]) Einige vorläufige Mitteilungen aus meinen Untersuchungen hat bereits Herr Prof. Reinke in folgenden Veröffentlichungen gegeben. Reinke: Die zur Ernährung der Meeresorganismen disponiblen Quellen an Stickstoff, und Reinke: Symbiose von *Voloox* und *Azotobacter*. Ber. d. d. bot. G. Jahrg. 1903. Bd. 21. Heft 7 u. 8. S. 371 bezw. S. 1. Endlich Reinke: Zur Kenntnis der Lebensbedingungen von *Azotobacter*, ebenda Band 22. Heft II. S. 95 ff.

Salpeterstickstoff vorhanden war. Bei sämtlichen Versuchen wurde eine Anzahl Parallellösungen hergestellt, sterilisiert, mit derselben Menge Impfmaterial beimpft, hierauf die eine Hälfte der Kulturgefäße an drei aufeinander folgenden Tagen abermals sterilisiert, schließlich nach beendeter Versuchsdauer der Inhalt sämtlicher Kolben analysiert. Durch Abziehen des in dem sterilen Kolben gefundenen Stickstoffgehaltes von dem des geimpften, ergab sich die durch Bakterientätigkeit gebundene Menge Stickstoff. Zur Bestimmung der letzteren wurden sämtliche Kulturgefäße einer Reihe mit gleichen Mengen, meist 10 ccm Kjeldahl'scher Schwefelsäure versetzt und unter Nachspülen mit 100 ccm destilliertem Wasser in geräumige Kolben aus Jenenser Glas gebracht. Die Zersetzung geschah in üblicher Weise in schräg stehenden Kolben. Nach dem Hinzufügen von 0,7 g Quecksilber als Kontaktsubstanz und einigen Tonstückchen, welch letztere den Zweck hatten, ein zu starkes Aufstoßen der Flüssigkeit und Zerspringen des Kolbens zu verhindern, wurde mit ganz schwacher, allmählich immer stärker werdender Flamme erhitzt. Nach Verlauf von etwa einer Stunde konnte man an der Schwarzfärbung des Zuckers, welcher nach und nach in Schäumung geriet, beobachten, daß das Wasser verdunstet war und nun die Wirkung der konz. Schwefelsäure einsetzte. Von diesem Zeitpunkte an ist es unerläßlich, die breiige Masse unter öfterem Umschwenken in Bewegung zu halten, da es sonst leicht geschieht, daß ein Teil durch das Schäumen an die obere Wandung des Kolbens, also außer den Wirkungskreis der Schwefelsäure gebracht wird und dort so fest anbackt, daß er später durch die Säure nicht mehr zersetzt werden kann. Sobald die Flüssigkeit vollständig farblos geworden ist, erhitzt man noch eine Viertelstunde. Nun erst ist die Zersetzung als beendet anzusehen. Zur Überführung der erstarrten weißen Masse in den zur Destillation bestimmten, ebenfalls aus Jenenser Glas bestehenden Literkolben werden 300 ccm destilliertes Wasser verwandt. Der Destillationskolben wird alsdann mit einem doppelt durchbohrten Kautschuckstopfen geschlossen. Die eine Durchlochung trägt ein bis auf den Boden des Kolbens reichendes, nach oben hin sich in eine Kugel erweiterndes, durch einen Glashahn verschließbares Rohr, während die andere eine Stutzer'sche Kugeldestillationsröhre trägt. Zur Aufnahme der vorgelegten $\frac{n}{20}$ Schwefelsäure benutzte ich einen möglichst hohen Erlenmeyerkolben, der in schräger Lage befestigt wurde, um das Herausspritzen von Flüssigkeit während der Destillation zu verhüten. Die Austreibung des Ammoniaks erfolgt durch 50 ccm Natronlauge (1 : 1). Man führt dieselbe mittelst des oben erwähnten erweiterten Kugel-Rohres unter Umschwenken in die saure Flüssigkeit ein und läßt schließlich 8 ccm einer Schwefelkaliumlösung (1 : 10) zufließen. Hierauf wird ohne Kühlung destilliert und durch immer stärkeres Erhitzen die Temperatur so gesteigert, daß die Dämpfe durch die Säure der Vorlage streichen, die Flüssigkeit zum Sieden bringen und dieselbe dadurch von der vorhandenen Kohlensäure befreien. Nach dreiviertelstündigem Erhitzen wird der Erlenmeyerkolben abgenommen, die eintauchende Röhre mit destilliertem Wasser abgespült und der Säureüberschuß nach völligem Erkalten mit $\frac{n}{20}$ Natronlauge festgestellt. Als Indikator benutzte ich einige Tropfen einer Lösung von Lackmoid und Malachitgrün; titriert wurde mit Glashahnbüretten, welche an der hinteren Wand einen blauen Längsstreifen trugen, um so ein genaueres Ablesen zu erleichtern. Bei dem Einstellen der Normallösung ging ich von der Oxalsäure aus und bestimmte zum Titrieren einer jeden Versuchsreihe jedesmal den Faktor der Natronlauge und Schwefelsäure. Auch wurde die Reinheit der Reagentien, welche sämtlich von Kahlbaum bezogen waren, durch Blankobestimmungen festgestellt. Die Genauigkeit, mit welcher der Apparat arbeitete, zeigten Bestimmungen von Ammoniumchlorid und Natriumnitrat, bei welchen Salzen der Stickstoffgehalt genau gefunden werden konnte. Schließlich ist noch zu bemerken, daß ich das zur Analyse notwendige Wasser stets kurz vorher überdestillierte und die zuerst übergehenden Partien verwarf.

Durchschnittlich fand ich bei Blankobestimmungen 0,3 mg Stickstoff in 100 ccm Ostseewasser mit den üblichen Nährstoffen. War 0,5 g Erde als Impfmaterial verwandt, so konnte der anfängliche Stickstoffgehalt auf etwa 1½ mg pro 100 ccm Nährlösung steigen, woraus zu folgern ist, daß ein erheblicherer Gehalt an Stickstoff auf die Tätigkeit von Stickstoffbakterien zurückzuführen war. Um diesen Schluß ganz sicher zu stellen, impfte ich eine Kultur mit *Penicillium crustaceum*, d. h. einem Organismus, der freien Stickstoff nicht bindet. Tatsächlich fand ich, daß nach beendeter Kulturdauer der Stickstoffgehalt des geimpften Kolbens, in dem der Pilz nur kümmerlich gewachsen war, den eines sterilen Parallelkolbens nicht übertraf, daß andererseits ein dritter Kolben, der mit *Azotobacter* beimpft worden war, ca. 5 mg

gebundenen Stickstoff enthielt. Ein vierter Versuch, in dem *Azotobacter* und *Penicillium* eingeimpft wurden, gab ebenfalls Stickstoffgewinn, aber etwas weniger als die *Azotobacter*-Reinkultur (3,5 mg).[1])

Ich will nun an der Hand einer von mir ausgeführten Bestimmung die analytische Methode etwas näher ins Auge fassen und ihre Zuverlässigkeit nachweisen. Zu diesem Zwecke wähle ich Versuch Nr. 3 auf Tabelle Nr. 7. Die geimpfte sowie sterile Kultur wurden genau in der oben beschriebenen Weise behandelt. Nach vollendeter Destillation und erfolgter Abkühlung der vorgelegten Schwefelsäure wurde die Titrierung vorgenommen. Die $\frac{n}{20}$ Natronlauge stimmte mit der $\frac{n}{20}$ Oxalsäure überein.

Die $\frac{n}{20}$ Schwefelsäure hatte den Faktor 1,3 d. h. jedes ccm der vorgelegten $\frac{n}{20}$ Schwefelsäure mußte mit 1,3 multipliziert werden, um einer $^1/_{20}$ Normallösung zu entsprechen.

| | Bei der geimpften Kultur | Bei der sterilen Kultur |
|---|---|---|
| Vorgelegt wurden . . . . . | 20 ccm $\frac{n}{20}$ d. h. 20 ccm $\times$ 1,3 = 26 ccm $\frac{n}{20}$ Schwefelsäure | 20 ccm $\frac{n}{20}$ d. h. 20 ccm $\times$ 1,3 = 26 ccm $\frac{n}{20}$ Schwefelsäure |
| Zum Zurücktitrieren wurden gebraucht | 11,7 ccm $\frac{n}{20}$ Natronlauge | 25,6 ccm $\frac{n}{20}$ Natronlauge |
| Es wurden demnach durch Ammoniak neutralisiert . . . . . | 14,3 ccm $\frac{n}{20}$ Schwefelsäure | 0,4 ccm $\frac{n}{20}$ Schwefelsäure |
| 1 ccm $\frac{n}{20}$ Schwefelsäure entspricht 0,0007 g Stickstoff, also entsprechen . . . . . | 14,3 ccm = 14,3 $\times$ 0,0007 = 10,1 mgr Stickstoff = rund 10 mgr Stickstoff | 0,4 ccm = 0,4 ccm $\times$ 0,0007 = 0,28 mgr = rund 0,3 mgr Stickstoff |
| Der Ertrag an gebundenem Stickstoff in Kultur III war demnach . . . | 10 — 0,3 = 9,7 mg Stickstoff. | |

Ich beschreibe jetzt einige Versuche, durch die ich mich orientieren wollte, an welchen Standorten im Meere die stickstoffbindenden Bakterien hauptsächlich zu treffen sind, ob frei im Meerwasser, ob am Meeresgrunde oder auf anderen lebenden oder toten Organismen haftend.

Ich beschickte zu diesem Zwecke 10 Erlenmeyerkolben mit Mannit und den zum Wachstum von *Azotobacter* notwendigen stickstofffreien Nährsalzen, gelöst in 10 ccm Wasser und sterilisierte an drei aufeinander folgenden Tagen im Dampfstrom bei 100°. Alsdann filtrierte ich in jeden Kolben 100 ccm frischgeschöpftes Meerwasser durch ein steriles Filter. Als Filtrierpapier dienten verschiedene, von der Firma Schleicher & Schüll bezogene Proben. Den Rückstand eines jeden Filters, welcher sich nach dem Durchlaufen von weiteren 900 ccm Meerwasser ansammelte, spülte ich in je einen der fünf Parallelkolben und füllte letztere ebenfalls zu 100 ccm auf. Die Kulturen wurden 6 Wochen hindurch bei Zimmertemperatur (15—20°) aufbewahrt. Während dieser Zeit konnte man in den Kolben, welche mit dem Filterrückstande geimpft worden waren, ein üppiges Wachstum von Bakterien wahrnehmen. Die Kolben der Parallelreihe blieben klar.

Die mikroskopische Untersuchung zeigte, daß in den getrübten Kolben sowohl *Azotobacter* als auch *Clostridien* vorhanden waren, während in den übrigen Kulturen kein Wachstum von Organismen nachgewiesen wurde.

[1]) Ein ähnliches Resultat der Hemmung der Stickstoffbindung durch Gegenwart von *Penicillium* erzielten Gerlach und Vogel, vergl. Bact. Ctl. II. Bd. X. 1903. S. 641/42.

Es war nun noch weiter zu entscheiden, ob das Sterilbleiben der mit filtriertem Wasser gefüllten Kolben darauf zurückzuführen war, daß *Azotobacter* infolge seiner relativen Größe von dem Filter zurückgehalten wurde oder aber darauf, daß er auf größeren Organismen sitzt, die ihrerseits nicht durch das Filtrierpapier hindurchgehen. Letztere Annahme fand ich durch die von mir ausgeführten, nun folgenden Filtrationsversuche bestätigt.

Ich brachte einen Teil einer *Azotobacter*-Rohkultur in ein mit Glasstopfen verschlossenes Fläschchen und schüttelte die Flüssigkeit derart, daß die Zellen sich von einander trennten und möglichst gleichmäßig darin verteilt waren, brachte alsdann die trübe Masse auf Filter von derselben Qualität wie bei den vorhergehenden Versuchen und untersuchte die durchgelaufene Flüssigkeit auf die Anwesenheit von *Azotobacter*.

Als Resultat war zu verzeichnen, daß ich in zahlreichen, von mir untersuchten Proben, jedesmal den *Azotobacter* im Filtrat antreffen konnte. Hieraus folgte, daß letzterer bei den oben beschriebenen Versuchen unbedingt auf größeren Organismen des Plankton gesessen haben muß.

Um einem Mißverständnis vorzubeugen, möchte ich bemerken, daß ich keineswegs behaupten will, daß jener Spaltpilz niemals im Wasser, sondern immer nur auf Organismen nachzuweisen sei; jedoch ist es nicht ausgeschlossen, daß *Azotobacter* vorwiegend auf Organismen vorkommt, indem er dort reichlicher Nahrung findet als in dem Wasser selbst, daß er jedoch ähnlich wie die Leuchtbakterien, welche auf den Leibern toter Fische leben, durch den Wellenschlag und andere äußere Umstände von seinem natürlichen Substrat losgerissen wird und daher ab und zu auch direkt im Wasser nachgewiesen werden kann.

Aus diesen Resultaten ergibt sich nun die Disposition für meine Arbeit.

Ich betrachte zunächst das Vorkommen von *Azotobacter* und anderen stickstoffbindenden Bakterien am Meeresgrund, hierauf an festgewachsenen Algen, schließlich an Organismen des Planktons.

## Schlickkulturen.

Ich bespreche zuerst die Kulturen, deren Impfmaterial aus der Kieler Bucht stammt und schließe hieran diejenigen aus anderen Gegenden der Ostsee, ferner aus der Nordsee und dem Indischen Ozean an. Falls Ostseeschlick als Impfmaterial diente, wurde derselbe gewöhnlich in der Gegend der Heulboje oder in der Nähe des Feuerschiffes am Ausgange der Kieler Föhrde mittelst eines schweren, vorher steril gemachten, eisernen Hohlzylinders heraufgeholt. Letzterer war an dem einen Ende mit einem Stück Leinewand überbunden. Der auf diese Weise heraufgebrachte Schlick, der bald schwarz, bald grau aussah, wurde alsdann in sterile, mit Wattepfropf verschlossene Flaschen übergeführt, um von hier aus mittelst einer sterilen Platinöse oder eines ebenfalls steril gemachten Wägegläschens in die bereits keimfrei gemachten Nährlösungen eingeimpft zu werden.

Über die genaue Zusammensetzung der Kulturflüssigkeiten findet sich das Nähere in den am Schluß der Arbeit folgenden Tabellen.

Die ersten Untersuchungen über Schlickproben wurden im Februar 1903 in Gang gesetzt. Die in oben erwähnter Weise hergestellten, beimpften Kolben zeigten bereits nach drei bis vier Tagen eine schwache Trübung. Einige Tage später konnte man die Bildung eines dünnen, an der Oberfläche der Nährlösung umhertreibenden Häutchens, wahrnehmen. Gleichzeitig wurde ein immer stärker werdendes Aufsteigen von Gasblasen beobachtet. Die in einigen Fällen zugesetzte Kreide löste sich allmählich auf, ein sicheres Zeichen dafür, daß eine Säure ausgeschieden wurde. An der Innenwandung des Kulturgefäßes, etwa im Niveau der Nährlösungen, bildete sich eine gallertartige, schleimige, schmutzig-gelbe, mit dem Alter braun werdende Masse. Man beobachtete, daß in Mannitlösungen derartig gelblich-braune Anhäufungen jene in Dextrosekulturen an Ausdehnung bedeutend übertrafen. Sie bildeten förmlich einen, an der Glaswand haftenden, vollständig in sich geschlossenen Ring von der Dicke eines Bleistiftes. Auch darin zeigte sich ein Unterschied, daß bei Kulturen mit Dextrose die Gährung in der Regel eher einsetzte und stets eine intensivere war, als bei Nährlösungen, welche Mannit als Kohlenstoffquelle enthielten. Dasselbe konnte man auch bei Schlickkulturen, im Gegensatz zu Planktonkulturen, beobachten. Bemerkenswert ist ferner, daß in den Gefäßen mit hoher Flüssigkeitssäule die Gährung eine kräftigere war, als bei solchen mit einer weniger hohen.

Beim Entfernen des Wattepfropfens von den Kulturkolben wurde ein unreiner, wenig angenehmer Buttersäuregeruch wahrgenommen. Kurz gesagt, es traten nach dem Impfen mit Schlick in eine geeignete Nährlösung dieselben Erscheinungen auf, wie sie in den Untersuchungen Winogradsky's[1]) und Beijerinck's[1]) geschildert wurden. Wie wir aus der Tabelle Nr. 2 und 3 ersehen, ergab die analytische Stickstoffbestimmung eine reichliche Zunahme an gebundenem Stickstoff. Auch wirkte die Zugabe von Kreide sehr günstig, was sich bei der kräftigen Buttersäuregährung voraussehen ließ. Ferner wurde in den Fällen, in welchen geringe Mengen stickstoffhaltiger Salze anfänglich zugegeben wurden, der Ertrag an gebundenem Stickstoff bedeutend in die Höhe getrieben. Die einzelnen Zahlen zeigen zwar unter sich wesentliche Unterschiede; jedoch darf dies bei Mischkulturen nicht Wunder nehmen, da auch andere Forscher zu denselben Resultaten kamen. Die Zugabe von 4 g Dextrose oder Mannit in die Nährlösungen muß als etwas zu hoch angenommen werden, indem keiner der beiden Nährstoffe vollständig aufgebraucht war.

Es lag zunächst die Frage nahe, ob in meinen Kulturen dieselben Organismen wie in den von Beijerinck und Winogradsky tätig waren oder ob es sich um andere, vielleicht speziell an Meerwasser angepaßte Formen, handelte.

Diese Frage wurde mit Hilfe von Kulturen in folgender Weise zu beantworten gesucht.

Ich stellte eine Reihe stickstofffreier Nährlösungen her, welche als Lösungsmittel teils Meer-, teils Leitungswasser enthielten. Die Meerwasserkulturen wurden hierauf mit Gartenerde und diejenigen Kulturen, welche Leitungswasser enthielten, mit Meeresschlick beimpft. Nach kurzer Zeit konnte man in sämtlichen Kulturen gleichartiges Wachstum und dieselben Gährungserscheinungen beobachten. Der mikroskopische Befund bestätigte die aus diesem Kulturverlauf herausgelesene Vermutung, daß es sich um dieselben oder nahe verwandte Organismen, wie sie auf dem Lande vorkommen, handelte.

Es zeigte sich, daß die bereits auf dem Festlande durch ihre stickstoffbindende Tätigkeit bekannten Formen vorhanden waren.

Die Art und Weise, wie die Identifizierung jener Bakterien mit den genannten Formen ermöglicht wurde, soll zum Schluß der Arbeit in dem Kapitel: „Speziellere Eigenschaften der stickstoffbindenden Bakterien" genauer dargelegt werden. Hier mögen folgende kurze Angaben genügen.

Man konnte stets beobachten, daß *Azotobacter Chroococcum* ein besonders üppiges Wachstum in Mannitkulturen entfaltete; auch waren die im Niveau der Nährlösung an der Glaswand gebildeten, gelblich-weißen Massen der Hauptsache nach auf die Anwesenheit unzähliger Azotobacterzellen zurückzuführen, während die Clostridien, die keineswegs fehlten, in den Kulturen mit Dextrose zu kräftigerem Wachstum Veranlassung gaben.

Als aerobe Form übt demnach *Azotobacter* seine stickstoffassimilierende Tätigkeit mehr in der Oberfläche der Kultur aus, während *Clostridium Past.* als bekanntlich obligat anaerobiotisches Buttersäurebakterium, stets am Boden der Nährlösung anzutreffen ist. Es bildet daselbst graulich-weiße „Kefirkorn ähnliche", oft Kahmhautartige Fetzen, welche zuweilen durch die aufsteigenden Gasblasen an die Oberfläche gerissen werden.

Ob und wie weit die zahlreich anderen, nebenbei auftretenden Bakterien sich an der Stickstoffassimilation beteiligen oder auch in der einen oder anderen Weise die stickstoffbindende Tätigkeit von *Azotobacter* und *Clostridium* zu fördern im Stande sind, kann nur durch die entsprechenden Reinkulturversuche entschieden werden.

Nachdem hiermit der Beweis erbracht ist, daß eine stickstofffreie Nährlösung durch Infektion mit geringen Mengen Meeresschlick aus der Kieler Bucht sich beträchtlich auf Kosten von freiem atmosphärischem Stickstoff anreichert, nachdem ferner das Vorhandensein von *Clostridium Pasteurianum* und *Azotobacter chroococcum* nachgewiesen worden ist, lag die Frage sehr nahe, ob auch solche Bakterien in Meeresschlickproben anderer Gegenden von derselben physiologischen Befähigung vorhanden seien.

Ich untersuchte solche Proben, welche aus anderen Teilen der Ostsee, Nordsee und des Indischen Ozeans stammten. Dabei benutzte ich die Gelegenheit, auch einige vorläufige Erfahrungen zu sammeln über das Vorkommen von *Azotobacter* oder ähnlichen Organismen auf dem Festlande anderer Kontinente.

[1]) l. c.

Zunächst gebe ich eine Liste von den betr. Erdproben bezw. Meeresschlickproben und ergreife mit Freuden die Gelegenheit, allen den Herren, die meine Studien durch Übersendung solcher Proben unterstützten, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Es sandte mir Herr Schmidt (I. Offzier der Bremer Hansa-Linie):

I. Schlick aus der Haigo-Reede in Finnland, aus einer Tiefe von 9 m.

II. Schlick von der Schwedischen Küste unweit Bornholm, aus 43 m Tiefe.

III. Schlick aus der Reede von Sprogo (großer Belt), aus 21 m Tiefe.

IV. Schlick aus der Reede von Darmouth, aus 21 m Tiefe.

V. Schlick aus der Reede von Hals (Eingang zum Lym-Fjord), aus 7 m Tiefe.

Ferner erhielt ich von Herrn Sperling, Kaiserliches Bezirksamt Tanga, durch die liebenswürdige Vermittlung von Herrn Prof. Zimmermann, Meeresschlick aus verschiedenen Stellen des Hafens von Tanga. Es waren dies:

I. Meeresboden aus Tanga, bei tiefer Ebbe entnommen, 150 m vom Strande immer von Meerwasser bedeckt, von Grundwasser unbeeinträchtigt.

II. Meeresboden aus dem Hafen von Tanga, unterhalb des Kaisergartens, an der Mündung eines Grundwasserstromes; bei Ebbe von Süßwasser aus Quellen bespült, bei Flut von Meerwasser bedeckt.

III. Meeresproben von der Hafeneinfahrt zu Tanga, bei Ebbe entnommen.

IV. Schlick aus dem Hafen von Tanga 150 m vom Strande, bei tiefer Ebbe von Wasser nicht bedeckt, eine Handbreit unter der Oberfläche entnommen, von Süßwasser nicht beeinträchtigt.

Herr Prof. Zimmermann sandte mir einige Proben aus dem Versuchsgarten der biologischen Station Amani (Ostafrika).

Herrn Direktor Treub verdanke ich Schlickproben aus dem Hafen von Tandjong Priok; ferner Erdproben aus dem botanischen Garten Buitenzorg auf Java.

Die sämtlichen, von den verschiedenen Gegenden entstammenden Proben, kamen in fest verschlossenen Gläsern an. Verschieden große Mengen davon wurden kurz nach ihrem Eintreffen unter der peinlichsten Vermeidung einer Infektion in die sterilen Nährlösungen übergeimpft. Letztere stellte ich in der üblichen Weise her; es diente als Lösungsmittel Leitungswasser resp. auch Ostseewasser mit einem Zusatz von 1,5% Kochsalz bei den Kulturen aus dem Indischen Ozean. Auch diese Kulturen wurden tunlichst bei erhöhter Zimmertemperatur (20°) aufgestellt. Nach kaum fünf Tagen konnte man bei allen geimpften Kulturen das Eintreten von Wachstum beobachten. Die Flüssigkeit trübte sich und bald setzte auch eine Gährung ein. An der Innenwandung der Gefäße bildete sich der oben beschriebene Gallertring. Das Mikroskop zeigte in sämtlichen Kulturen die Gegenwart von *Azotobacter chroococcum* und *Clostridien,* die entweder ähnlich oder identisch mit *Clostridium Pasteurianum* waren.

Der quantitativen Analyse wurden sämtliche Kolben (mit Ausnahme der aus Ost- und Nordsee stammenden) unterworfen. Sie gaben einen recht ansehnlichen Erwerb an gebundenem Stickstoff (zur genauen Orientierung siehe Tabelle Nr. 4, auf welcher außer der Anzahl der Kulturtagen und Konzentration der Nährlösungen auch die analytischen Resultate zu ersehen sind). Ein äußerst kräftiges Wachstum und einen besonders hohen Stickstoffgewinn zeigten die dem Indischen Ozean entstammenden Bakterien.

Aus den bisher gemachten Erfahrungen ergibt sich demnach, daß in allen von mir untersuchten Schlickproben aus verschiedenen Gegenden der Erdoberfläche, stets *Azotobacter* und *Clostridium* zugegen waren und daß die mit jenen Proben infizierten Nährlösungen nach einigen Wochen einen beträchtlichen Stickstoffgewinn aufzuweisen hatten.

## Kulturen mit Impfmaterial von festsitzenden Algen.

Nach Erledigung der Untersuchung von Schlickkulturen will ich nun auf die Versuche eingehen, bei welchen mit Teilen festsitzender Algen geimpft wurde. Zur vorläufigen Orientierung impfte ich bei Gelegenheit des Einsammelns der Schlickproben in der Kieler Bucht zwei bereitstehende Kulturflaschen mit je einem kleinen Thallus-Stückchen von *Hydrolapathum sanguineum.* Die Kulturgefäße wurden bei Zimmertemperatur (20—25°) aufgestellt. Nach dem Verlauf von 3 Tagen bemerkte man, daß die kleinen, einge-

impften, am Boden liegenden Fetzen sich mit einem dünnen Häutchen überzogen, welch letzteres an Ausdehnung immer mehr zunahm. Bis dahin war die Flüssigkeit vollständig klar; auch konnte man eine Auflösung der zugesetzten Kreide nicht beobachten. Nach weiteren 7 Tagen hatte die Nährlösung bereits eine durch Bakterien hervorgerufene Trübung erfahren. Es bildete sich nun auch auf der Oberfläche der Nährlösung ein dünnes Häutchen. Letzteres wurde immer größer und stieß nach einigen Tagen an der Glaswand an. Die weitere Entwicklung war ganz dieselbe, wie die bei den Schlickkulturen geschilderte, doch trat die Gasentwicklung später ein und zwar erst dann, als der Gallertring an der Innenwandung des Gefäßes bereits gebildet war und die Flüssigkeit sich deutlich getrübt hatte.

Auch die mikroskopische Untersuchung zeigte, daß sowohl *Clostridium* als auch *Azotobacter* vorhanden waren. Jedoch konnte man beobachten, daß *Azotobacter* stärker vertreten war, als in den Schlickkulturen. Er war auch hier hauptsächlich an der Oberfläche zu finden. Außerdem bildeten sich im unteren Teile der Flüssigkeit, dicht an der Wandung des Gefäßes herabhängende, über den Boden sich hinziehende Kahmhäute. Letztere bestanden in den oberen Partien fast nur aus Azotobacterzellen, während die unteren Teile mehr oder weniger mit Clostridien und stäbchenförmigen Bakterien untermischt waren.

Wie aus Tabelle Nr. 5 zu ersehen ist, hat ein ganz ansehnlicher Stickstoffgewinn in den einzelnen Kulturen stattgefunden.

Nachdem nun die Tatsache, daß *Azotobacter* an der Oberfläche von *Hydrolapathum sanguineum* lebt, festgestellt wurde, war es wichtig zu erfahren, ob andere Algen, sowie auch Tiere des Meeresgrundes sich ebenso verhielten.

Als weitere Versuchsobjekte dienten außer *Hydrolapathum sanguineum, Polysiphonia elongata, Cystoclonium purpurascens, Fucus serratus, Laminaria flexicaulis,* sämtlich aus der Ostsee; ferner ein *Seestern* und ein *Mytilus.*

Kleine Stückchen davon wurden genau abgewogen, in Parallelkulturen gebracht, und nachdem die Parallelreihe nochmals sterilisiert war, bei Zimmertemperatur (20—25°) sich selbst überlassen.

Wie zu erwarten war, fingen die Kulturen bald an sich zu trüben. Wiederum bemerkte man, daß sich das eingeimpfte Fetzchen eines Algentallus mit einem dünnen Häutchen überzog. Der weitere Vorgang war ganz analog dem vorher beschriebenen mit *Hydrolapathum.*

Die mikroskopische Untersuchung stellte die Anwesenheit von *Azotobacter chroococcum* und *Clostridium Pasteurianum* in sämtlichen Kulturen fest. Auch hierbei konnte man die Beobachtung machen, daß *Azotobacter* stets in der Überzahl vorhanden war.

Die Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl bestätigte die Annahme, daß eine Bindung des atmosphärischen Stickstoffs stattgefunden hatte. Wie wir aus Tabelle Nr. 5 ersehen, ist letzterer ein sehr beträchtlicher.

Da *Azotobacter* sich derart rasch und kräftig entwickelte, daß in kurzer Zeit die ganze, in der Flüssigkeit umhertreibende, organische Masse zum größten Teil aus Azotobacterzellen bestand, lag die Vermutung sehr nahe, daß es möglich sei, jenen so charakteristischen Spaltpilz direkt mikroskopisch in dem Schleime der Algen nachzuweisen.

Ich schabte mit einem Skalpell vorsichtig den Schleim von der betr. Alge ab und betrachtete ihn unter dem Mikroskop. Dabei ist es mir einigemal gelungen, die eigenartig gestalteten Azotobacterzellen ganz deutlich nachzuweisen; außer auf *Hydrolapathum sanguineum* ganz besonders auf *Laminaria flexicaulis,* auf welch letzterer Pflanze dieser Organismus besonders reichlich vertreten war. Auch in den mit Bruchstücken von *Seesternen* und *Mytilus* angesetzten Kulturen konnte ich die Gegenwart von *Azotobacter* und *Clostridium* feststellen.

Das Ergebnis, daß stickstoffbindende Bakterien auf den festsitzenden Algen der Ostsee vorkamen, veranlaßte mich Versuche anzustellen mit Algen aus der Nordsee. Zu diesem Zwecke wurden von der biologischen Station zu Helgoland durch Herrn Dr. Kuckuk einige Algen übersandt.

Es waren dies: *Plocamium coccineum, Furcellaria fastigiata, Desmarestia aculeata, Chondrus crispus, Lithothamnion Sanderi, Fucus serratus, Corallina vulgaris, Delesseria alata, Polyides rotundus, Dictyota dichotoma, Halidrys quadrivalvis, Laminaria saccharina, Scytosiphon lomentarius, Enteromorpha linza, Porphyra laciniata, Ceramium rubrum.*

Die Glashäfen, welche die Algen enthielten, waren dicht mit Pergamentpapier überbunden und kamen in gutem Zustande hier an.

Von sämtlichen Algen wurden kleine Teilchen in der üblichen Weise in sterile, 3% Chlornatrium enthaltende Nährlösungen gebracht. Es zeigte sich, daß die Kulturen im wesentlichen den gleichen Verlauf wie die oben geschilderten Ostseekulturen ergaben.

Mit Hilfe des Mikroskopes konnte das Vorhandensein der beiden bekannten stickstoffbindenden Bakterien in den Kulturen festgestellt werden. Sie stimmten auch in allen Eigenschaften mit den aus der Ostsee durch Kultur isolierten, überein. Auch von den Nordseekulturen wurden einige als quantitative Versuche in der oben geschilderten Weise angesetzt und nach Ablauf der Kultur analysiert. Die Analyse ergab, wie aus Tabelle Nr. 6 ersichtlich, einen bemerkenswerten Stickstoffgewinn. Ich fand indessen, daß die Aufnahme von gebundenem Stickstoff bei den Ostseekulturen eine bedeutendere war, als bei den Nordseekulturen.

Dies beruht einerseits auf der kürzeren Versuchsdauer. (Vergleiche darüber die Tabellen.) Anderenteils ist dies dem Umstande zuzuschreiben, daß die Versuchsreihe mit Nordseealgen im Winter ausgeführt wurde, während die Bakterien in den Ostseekulturen unter den günstigeren Wärmebedingungen des Sommers standen. Wir wissen somit, daß auf zahlreichen Algen aus der Ost- und Nordsee jene Bakterien zu finden sind, welche durch ihre Fähigkeit, den Stickstoff zu assimilieren, bereits von ihrem Vorkommen im Erdboden her, bekannt sind.

Es bleibt uns jetzt noch übrig, die Frage des Vorkommens von *Azotobacter* und *Clostridium* auf Planktonorganismen zu erörtern, nachdem die obengenannten Filtrationsversuche schon die Gegenwart derselben auf Plankton erwiesen haben.

## Planktonkulturen.

Es wurde zunächst ein mit stickstofffreier Nährlösung beschickter Kolben mit einer Platinöse voll gemischtem Plankton, welches im Juli 1902 bei der Heulboje gesammelt worden war, geimpft[1]). Das Plankton fischte ich mit einem Netze, welches mit Filtrierpapier fest umbunden steril gemacht worden war und erst draußen auf offener See, kurz vor dem Einwerfen, von letzterem befreit wurde. Die Kultur stellte ich bei Zimmertemperatur (20—25°) auf. Bereits nach 6 Tagen begann die Flüssigkeit sich zu trüben und wenige Gasblasen zeigten den Anfang einer Gährung.

Die mikroskopische Untersuchung ergab auch hier tatsächlich die beiden bekannten Bakterien. Bei genauerer Beobachtung konnte ich feststellen, daß *Azotobacter* bei weitem stärker vertreten war als *Clostridium*.

Vergleichen wir diesen Entwicklungsgang mit solchen Kulturen, bei welchen Schlick einerseits und Algen andererseits als Impfmaterial dienten, so sehen wir, daß er am meisten Übereinstimmung zeigt mit den Vorgängen, wie wir sie bei den Algenkulturen beobachten konnten. Sowohl hier, als auch bei den Kulturen mit Algenteilen der Ost- und Nordsee, bildete sich zuerst der Gallertring, ehe eine Bildung von Gasblasen wahrzunehmen war. Auch zeigte sich insofern eine große Ähnlichkeit, als der Buttersäuregeruch bedeutend schwächer war, als in den Schlickkulturen.

Für die weiteren Plankton-Kulturen benutzte ich als Impfmaterial sowohl je eine Platinöse der oben beschriebenen Kultur, als auch geringe Mengen kurz vorher gefischten Planktons, das an verschiedenen Stellen und zu verschiedenen Jahreszeiten in der Ostsee gesammelt worden war. Im Sommer waren es vorwiegend *Diatomeen;* einige im Herbst angesetzte Kulturen wurden mit fast reinem *Peridineen*-Plankton beimpft. (Alles Nähere s. Tabelle Nr. 7—11.)

## Speziellere Eigenschaften der sticksstoffbindenden Bakterien.

Ich wende mich in diesem Kapitel der Aufgabe zu, eine Schilderung zu entwerfen von der Bakterienflora, die sich in den Rohkulturen entwickelte. Im Anschluß daran teile ich einige, mit Reinkulturen gewonnene Ergebnisse mit und füge bei einige Beobachtungen über den Einfluß der Zeitdauer und der

[1]) Dies war somit der erste Versuch der mir das Vorkommen von stickstoffbindenden Bakterien im Meere zeigte.

Konzentration der Nährlösung auf die Stickstoffbindung. Dieselben beanspruchen nur als Ergänzungen zu den bereits vorliegenden und als Vorarbeiten für die zukünftigen Untersuchungen anderer Forscher zu gelten.

Zunächst bespreche ich die Formen der *Azotobacter*-Gruppe.

Das erste Auftreten des *Azotobacter* ist in Kulturen der üblichen Zusammensetzung, die bei 30° gehalten wurden, nach ca. 48 Stunden mikroskopisch nachzuweisen. Ein dünnes, auf der Oberfläche treibendes Bakterienhäutchen, zeigte neben vielen anderen Formen auch vereinzelte, die besonders durch ihre Größe in die Augen springen. Dieselben sind teilweise in Ruhe, teilweise bewegen sie sich auch lebhaft hin und her. Oft bleiben sie mit ihren Cilien an irgend welchen Gegenständen der Kahmhaut haften, um sich dann nach lebhafter kreisender Bewegung loszureißen und fortzueilen. Jodzusatz färbt den Zellinhalt gelblich. Ihre Form ist bald rundlich, bald kurzstäbchenförmig. Teilungsbilder sind häufig zu beobachten. Die Größe wechselt stark. Im Durchschnitt beträgt sie etwa 2—4 $\mu$. Daneben kommen einige auffallend große Formen vor; außerdem auch weit kleinere, deren Durchmesser weniger als ein $\mu$ beträgt. Nach dreimal 24 Stunden beobachtete ich die genannten Bakterien schon in weit größerer Menge. Ich erkannte jetzt mit Sicherheit in denselben den von Beijerinck[1]) beschriebenen *Azotobacter*. Verfolgt man die Kultur weiter, so beobachtet man, daß allmählich die Zellen sich mehr und mehr mit Reservestoffen, Fetttropfen anfüllen um späterhin nach der Teilung zu *Sarcina*-ähnlichen Paketen zusammenliegen zu bleiben. Fig. 1. *a, b* veranschaulicht das Gesagte. Ältere Kulturen zeigen mir die von Beijerinck beschriebenene Braunfärbung[1]); noch später kann man beobachten, daß mit dem Erschöpfen der Nährstoffe der *Azotobacter* abstirbt, der Inhalt durch andere Bakterien resorbiert wird und nur noch die leeren Zellhäute eine Zeitlang sichtbar bleiben. Fragt man, welche *Azotobacter*-Art mir vorgelegen hat, so paßt die Beschreibung von *Azotobacter chroococcum* am besten auf meine Formen. Dabei ist noch unentschieden, ob die kleineren oder größeren genannten Formen besondere Arten darstellen, oder in denselben Entwicklungskreis hineingehören. Auffallend war mir, daß niemals mit wünschenswerter Sicherheit der von Beijerinck im Delfter Kanalwasser nachgewiesene *Azotobacter Agilis*[2]) erkannt werden konnte. Möglich ist, daß die größeren, in der ersten Zeit der Kultur zu beobachtenden Individuen, dieser Art angehören, wie sie in Fig. 1 *c* zum Teil in normaler Ausbildung, zum Teil auch in Involutionsformen dargestellt sind und daß dieselben dann später von *Chroococcum* vollkommen zurückgedrängt wurden. Wie denn auch Beijerinck angibt, daß in den Mischkulturen beider Arten häufig *Chroococcum* über die andere die Oberhand gewinnt. Genaueres anzugeben wäre erst möglich auf Grund von Untersuchungen der Begeißelung; da Beijerinck fand[3]), daß *Chroococcum* meistens eine, *Agilis* einen Schopf von Geißeln besitzt. Auch ist darauf hinzuweisen, daß eine genaue Durcharbeitung der Artensystematik noch aussteht.

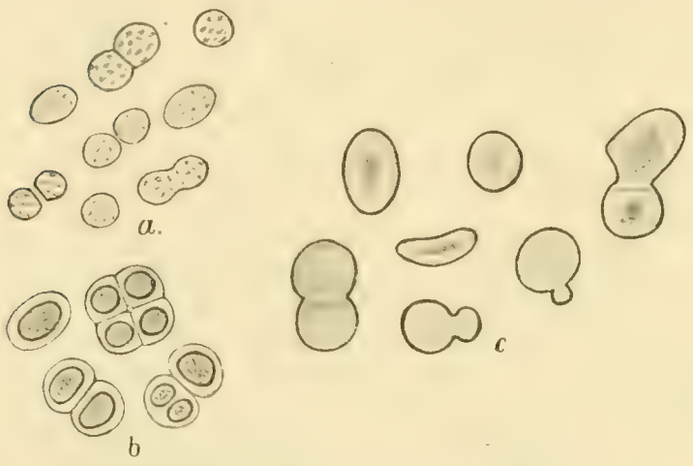



Fig. 1. *Azotobacter* Beijerinck. Vergr. 1 : 2400.
*a* nach dem Leben. *b* fixiert; Gallerthülle mit Hämalaun gefärbt.

In *Reinkulturen,* die ich genau nach Beijerinck's Rezept[4]) auf stickstofffreiem Agar anstellte, wuchs ebenfalls immer *Azotobacter chroococcum* (eine mir von Herrn Prof. Alfred Koch zur Verfügung gestellte Reinkultur aus Göttingen zeigte genau dasselbe Aussehen. Es sei hier auch erwähnt, daß *Azotobacter* aus anderen Weltgegenden, z. B. Buitenzorg, unter dem Mikroskop in keiner Weise zu unterscheiden war) in typischer Größe und nebenher auch einzelne, bedeutend kleinere Formen, die ich vorläufig nicht genauer

[1]) Bact. Ctl. II. Abt. 1901. Bd. VII. S. 581.
[2]) Vergl. S. 30.
[3]) Bact. Ctl. II. Abt. 1901. Bd. VII. S. 581/82.
[4]) Bact. Ctl. II. Abt. Bd. VII. 1901. 514.

untersuchte. Aussehen und sonstige Eigenschaften der *Azotabacter*-Kolonien stimmten vollständig mit den Angaben anderer Autoren überein. Es handelte sich um die viel beschriebenen, schleimigen, mit Vorliebe auf der Oberfläche des Agars wuchernden Kolonien. (Siehe Fig. 2 und 2a.) In Omelianskys'schen anaeroben Apparaten, auf Agar, wuchsen dieselben nicht. Doch ertrugen sie lange Zeit, mindestens 6 Wochen, Sauerstoffmangel, ohne abzusterben. In einigen Fällen sah ich in Rohkulturen, welchen der Sauerstoff durch Pyrogallol und Kalilauge entzogen war, Formen, die auffallend an *Azotobacter* erinnerten (z. B. Formen,

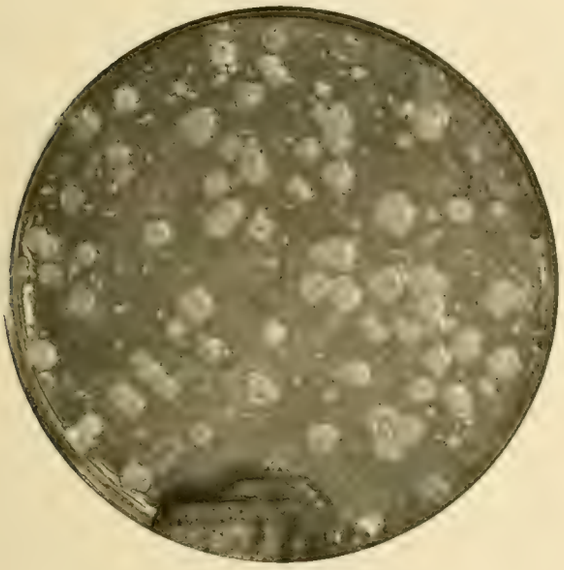


Fig. 2.

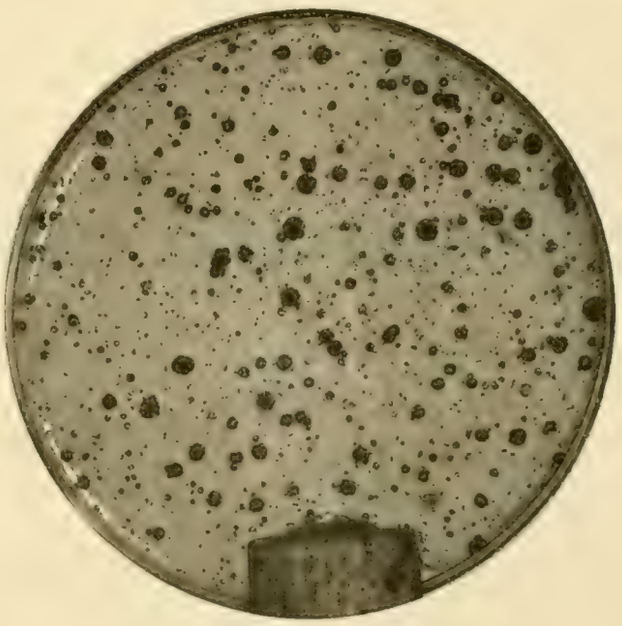


Fig. 2a.

die ähnlich waren den in Fig. 1*c* abgebildeten). Vielleicht steht im Einklang damit die Angabe Beijerinck's[1]), daß *Azotobacter Agilis* nicht die Stellen höchster, sondern mittlerer Sauerstoffspannung aufsucht.

Versuche über die Stickstoffbindung durch Reinkulturen, die ich mit den üblichen Nährsalzen anstellte, ergaben, daß eine solche zweifellos stattfindet; immerhin war das Wachstum auffallend unregelmäßig und dementsprechend auch der Stickstoffgewinn. Letzterer schwankte in einprozentigen Mannitkulturen zwischen 1 und 4 mg auf 100 ccm.

Ich gehe jetzt über zu der Besprechung der *Clostridien* in Rohkultur, die als *Anaerobien* in dieser nur durch gleichzeitige Gegenwart aerober Formen gedeihen konnten. In Schlickkulturen beobachtete ich am dritten Tage zuerst Gasblasen, während beim Impfen mit Plankton oder Algen die Gährung erst später eintrat.

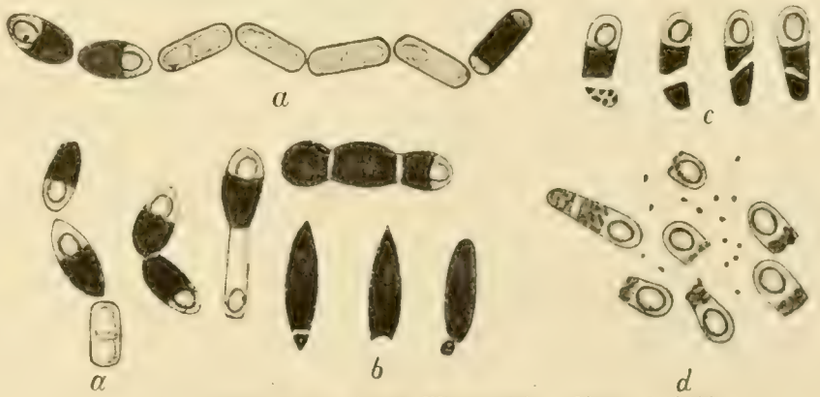



Fig. 3. *Clostridium Pasteurianum* Winogradsky. Vergr. 1 : 2400. Jodpräparate. Granulose schwarz.

Die mikroskopische Betrachtung zeigte, daß unter andern, mit Jod sich bläuenden Formen, jedenfalls *Clostridium Pasteurianum* eine wichtige Rolle spielte. In Figur 3*a* sieht

[1]) Bact. Ctl. II. Abt. Bd. VII. 1901. S. 579.

man Stäbchen, zum Teil noch granulosefrei, zum Teil schon Granulose führend, spindelförmig angeschwollen und mit der Sporenanlage an einem Ende. Dieselben zeigten meist lebhaftes Schwärmen. Fig. 3*b* zeigt einzelne Anomalien, so die merkwürdige Abschnürung von Kokken, Involutionsformen; zeigt ferner, daß unter Umständen auch Sporen in cylindrischen oder auch (hfg.) in keulenförmigen Stäbchen statt in Spindeln gebildet werden können. Fig. 3*c* und *d* schließlich zeigt die heranreifenden Sporen. Wie Winogradsky[1]) fand, sind dieselben dadurch leicht kenntlich, daß sie in der, als „Sporenkapsel" bezeichneten Mutterzellmembran liegen bleiben. Die Entstehung dieser Kapsel, wie ich sie in meinen Kulturen beobachtet habe, zeigt Fig. 3*c* und *d*. Ich lasse dabei dahingestellt, ob das eigenartige Abbrechen des einen Zellendes *(c)* ein normaler Vorgang ist oder ein durch die Kulturbedingungen hervorgerufener pathologischer. Denn nach Winogradsky[1]) soll die Entstehung der Kapsel in etwas anderer Weise, durch Verquellen des einen Endes der Zellwand entstehen. Die Größenverhältnisse stimmen im wesentlichen auch mit Winogradsky's[1]) Angaben überein. Neben dem typischen *Clostridium Pasteurianum* traten auch größere und kleinere Granulosebakterien auf. Von großen Formen habe ich eines mit dem vorläufigen Namen *Clostridium giganteum* belegt. Fig. 4 stellt dasselbe vor und während der Sporenbildung dar. Die Sporen wurden entweder allein oder zu zweien in der Mutterzelle gebildet. Nach der Reife liegen dieselben frei, ohne Sporenkapsel. Besonders traten diese großen Formen auf in Kulturen die in sauerstofffreiem Raum gehalten wurden.

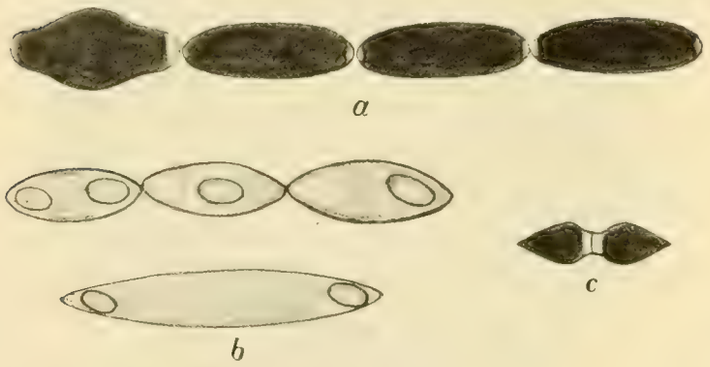



Fig. 4. *a, b Clostridium giganteum* ad int. Vergr. 1 : 2400. Jodpräparate; Granulose schwarz. *c* siehe Text, S. 42.

Umgekehrt, durch geringe Größe auffallend, war ein gleichfalls Granulose speicherndes Bakterium, welches wohl ausnahmslos als Begleitform von *Clostridium Pasteurianum* in Rohkultur auftrat. Vergleiche Fig. 5*d*. Man sieht, daß es sich um einen *Paraplectum* handelt, welches seiner Größe nach etwa mit dem von Omelianskv[2]) studierten *Methanbakterium* der Cellulosegährung identisch sein dürfte, durch seinen Granulosegehalt andrerseits sich dem *Granulobacter pectinovorum* Beijerinck's[3]) nähert. Über die Rolle dieser zuletzt genannten Bakterien bei der Stickstoffbindung kann ich nichts sicheres aussagen, nur läßt ihr häufiges Vorkommen in meinen Kulturen vermuten, daß sie vielleicht auch den freien Stickstoff binden können. Eine Bestätigung der Angabe Winogradsky's[4]) von der Stickstoffbindung durch *Clostridium Pasteurianum* gelang in folgender Weise:

Fig. 5. Begleitbakterien von *Clostridium Pasteurianum*. Vergr. 1 : 2400. *a, b, c Bacillus* sp. *a, b* nach dem Leben. *c* Jodpräparat. *d Paraplectrum* sp. Jodpräparat.

Während die Reinkultur desselben mir aus nicht ersichtlichen Gründen, vielleicht wegen mangelhaften Sporenmaterials, nicht gelang, erreichte ich auf sterilen Kartoffelscheiben Mischkulturen desselben mit einem

[1]) Bact. Ctl. II. Abt. Bd. 9. 1902. S. 44.
[2]) Comptus randus T. 121. 1895. S. 744.
[3]) Beijerinck u. van Delden. Koninglyke Akad. van Wetenschap. Te Amsterdam 1903. S. 689.
[4]) l. c.

aeroben Bazillus, der Fig. 5 *a* und *c* sowohl in wachsendem Zustande als auch in Sporenbildung und Sporenkeimung dargestellt ist. Es handelt sich um eine Form, die bei Jodzusatz sich intensiv braun färbt, manchmal auch einen deutlichen Stich ins Blaue zeigt. Während Reinkulturen desselben keine Stickstoffbindung erwiesen, konnte in Mischkulturen mit *Clostridium Pasteurianum* eine solche nachgewiesen werden. Offenbar ermöglichte die Gegenwart des genannten Bazillus dadurch, daß er dem *Clostridium Pasteurianum* Sauerstofffreiheit verschaffte, diesem seine stickstoffbindende Tätigkeit zu entfalten, ganz ebenso wie in den von Winogradsky[1]) beschriebenen Kulturen.

Es folgt nun noch die Besprechung einiger Versuchsreihen, die den Einfluß von Zeitdauer und Nährlösungkonzentration ergeben sollen.

Um den Einfluß der Kulturdauer auf die Höhe der Stickstoffbindung zu ermitteln, beschickte ich 12 geräumige Erlmeyerkolben mit je 200 ccm Nährlösung und impfte sie nach vorausgegangener Sterilisation mit geringen Mengen Schlick. Die Kulturkolben wurden bei Zimmertemperatur (20—25° bezw. 15—20°) in einem dunklen Kasten aufbewahrt, um eine möglichst gleichmäßige Entwicklung der Bakterien herbeizuführen.

Schon nach drei Tagen begann die Flüssigkeit sich zu trüben und allmählich traten auch ganz dieselben Erscheinungen ein, wie ich sie bei allen übrigen Schlickkulturen beobachtet hatte. Nach Verlauf von 16 Tagen wurden die beiden ersten Kolben analysiert, nachdem ich mikroskopisch die Gegenwart von *Azotobacter* und *Clostridium* festgestellt hatte.

Wie man aus Tabelle Nr. 12 ersieht, hat in der kurzen Zeit von 16 Tagen eine Zunahme von 5 mg Stickstoff stattgefunden. Es war in den beiden Kulturen noch eine reichliche Menge Zucker vorhanden, was man beim Zersetzen mit Schwefelsäure leicht erkennen konnte. Die beiden nächsten Kolben III und IV wurden 14 Tage später in gleicher Weise der Analyse unterworfen und ergaben einen Gewinn von ca. 6 mg Stickstoff. Man sieht also, daß die Zunahme an gebundenem Stickstoff diesmal, gegenüber Kultur I und II, eine geringere ist. Kultur V und VI, die nach weiteren 17 Tagen analysiert wurden, ergaben in Mitte $8^1/_2$ mg Stickstoff, d. h. wiederum eine geringe Zunahme. Diese langsame Zunahme ließ sich weiter verfolgen bis zu der Kultur IX und X, d. h. bis zu einer Kulturdauer von ca. $^1/_2$ Jahr. Dann war eine weitere Zunahme nicht mehr zu konstatieren. Es zeigt sich also, daß in den allerersten 16 Tagen bereits die Hälfte des gesamten Stickstoffgewinns erreicht war, dann nur noch eine langsame Zunahme stattfand.

Der geschilderte Verlauf der Kurve des Stickstoffgewinns erklärt sich wohl so, daß durch die starke, allmählich eintretende Säuerung die Tätigkeit der stickstoffbindenden Bakterien gehemmt wird und daß in der letzten Zeit der Kultur andere Bakterien die Oberhand gewonnen hatten; dies ergab die Beobachtung, daß der Buttersäuregeruch verschwand, statt dessen Schwefelwasserstoffgeruch mehr und mehr überhand nahm; es trieben also jedenfalls eiweißzersetzende und sulfatreduzierende Formen ihr Wesen in den alternden Kulturen.

Weiter untersuchte ich den Einfluß der Konzentration des Zuckers auf die Stickstoffbindung. Solche Versuche mit Reinkulturen von *Azotobacter* liegen bereits vor von Gerlach und Vogel[2]). Diese fanden das Maximum der Stickstoffbindung bei Darbietung von 12 gr Dextrose im Liter.

Ich arbeitete mit Schlickrohkulturen, die mit verschiedenem Gehalt an Traubenzucker hergestellt waren. Als Stammlösung diente Ostseewasser mit den üblichen stickstofffreien Nährsalzen. Außerdem wurden zu Kolben I 2 gr Traubenzucker, zu Kolben II 4 gr, zu Kolben III 8 gr, zu Kolben IV 12 gr und zu Kolben V 16 gr Traubenzucker beigegeben. Die Versuchsdauer betrug 144 Tage. Geimpft wurde mit geringen Mengen frischgefischtem Ostseeschlick. Mit Ausnahme von Kolben V mit 16 gr Traubenzucker, konnte nach 5 Tagen ein lebhaftes Wachstum wahrgenommen werden. Einige Tage später fing auch Kultur V an sich zu trüben. Nach Verlauf von 14 Tagen zeigten die Kulturen folgendes Aussehen:

Am kräftigsten war das Wachstum in Kolben I, II und III. Auch war die Gährung in diesen drei Kulturen eine ziemlich gleichmäßige, was sich sehr schön an dem Auflösen des zugesetzten Calciumcarbonats

[1]) l. c.

[2]) Bact. Ctl. Abt. II. Bd. IX. 1902. S. 819.

beobachten ließ. Bei Kultur IV mit 12 gr Traubenzucker war die Entwicklung eine geringere; jedoch in Bezug auf Kultur V mit 16 gr Traubenzucker immerhin noch lebhaft. In der letzteren trat zwar auch Wachstum und Gährung ein, letztere war aber so gering, daß es nicht zur vollständigen Auflösung von Kreide kam.

Nach Ablauf der Kulturzeit (ca. ½ Jahr) zeigte das Mikroskop die Gegenwart von *Azotobacter* und *Clostridium*.

Die Analyse ergab folgendes:

Wie aus der Tabelle ersichtlich, hatte Kultur II mit 4 gr Dextrose den größten Stickstoffgewinn (6,7 mg) aufzuweisen. Der Zucker war noch nicht vollständig aufgebraucht. Bei Kolben I, der einen Gewinn von 5 mg Stickstoff ergab, war der Zucker nicht mehr nachzuweisen. Es ist also hier auf 1 gr Dextrose ca. 2,5 mg Stickstoff assimiliert worden. Schon bei Kolben IV mit 12 gr Traubenzucker sehen wir eine Abnahme des Stickstoffgewinns (4,27 mg), welch letzterer bei jenem mit 18 gr noch mehr herabsinkt (2,64 mg). Aus diesen Beobachtungen können wir den Schluß ziehen, daß die Stickstoffbakterien in Rohkultur bei 1—4% Traubenzucker am kräftigsten den Stickstoff aufnehmen, während 6% bereits nachteilig wirkten. Das Maximum des Stickstoffgewinns bei Rohkulturen zeigte sich also bei weitaus höherer Konzentration als in den oben erwähnten Kulturen von Gerlach und Vogel[1]), was an den durchaus anderen Kulturbedingungen mitgelegen haben dürfte.

---

Hat sich als Hauptresultat meiner Untersuchung ergeben, daß stickstoffbindende Bakterien nicht nur in Süßwasserbecken des Festlandes, sondern auch in Meeren schwächeren und stärkeren Salzgehaltes finden, so lag die Frage sehr nahe, den Einfluß des Kochsalzes in verschiedenen Konzentrationen auf die Stickstoffbindung zu untersuchen, ein etwaiges Optimum, sowie das Maximum des Kochsalzgehaltes festzustellen.

Aus den im Anfang erwähnten Versuchen, bei welchen Meeresbakterien in Nährlösungen geimpft wurden, welche Leitungswasser als Lösungsmittel enthielten und Bakterien in Lösungen, bei welchem Ostseewasser verwandt wurde, habe ich die Erfahrung gewonnen, daß die Gegenwart geringer Mengen Natriumchlorid keinen besonderen Einfluß auf das Wachstum und die Stickstoffbindung durch *Azotobacter* und *Clostridium* ausübt.

Um nun genauer den Einfluß verschieden großer Kochsalzmengen zu prüfen, stellte ich eine Reihe Nährlösungen her, welche die gewöhnlichen Nährsalze in 100 ccm Leitungswasser enthielten. Alsdann wurden zu den verschiedenen Kulturflüssigkeiten verschiedene Mengen Kochsalz gegeben. Wie aus Tabelle Nr. 14 ersichtlich, stieg der Gehalt um je 1%, von 1% bis zur Höhe von 10%. Die Kolben wurden alsdann mit einer Spur jenes schleimartigen, an der Innenwandung der Gefäße an dieser herabhängenden Häutchens, das vorwiegend aus Azotobacterzellen bestand, geimpft und bei Zimmertemperatur (15—20°) aufbewahrt. Es trat bei allen Kulturen, bis inklusive der mit 6% Kochsalz beschickten, bald ein lebhaftes Wachstum ein. Ein Unterschied zwischen denselben zeigte sich insofern, als bei III und IV die Entwicklung eine kräftigere war, als in den Kulturen I, II, V und VI. Auch konnte man schon bei den beiden zuerst genannten eine deutliche Bildung des Gallertringes sehen, während I, II, V und VI nicht den geringsten Anflug eines solchen Ringes erkennen ließen. Nach 3 Wochen begann auch in Kolben VII und VIII eine schwache Entwicklung der Azotobacterzellen. Kultur I—VI gewährten nun auch einen gleichen mikroskopischen Anblick und unterschieden sich kaum mehr von einander. Das Wachstum in Kultur VII und VIII schritt nur langsam fort. Kolben IX und X blieben klar. Eine Vermehrung der Azotobacterzellen hatte somit hier nicht stattgefunden.

Mikroskopisch war in den Kulturen nur *Azotobacter* nachzuweisen.

Die analytischen Resultate finden wir auf Tabelle Nr. 14.

Wie ersichtlich, ist bei Kolben III die größte Zunahme an gebundenem Stickstoff zu verzeichnen (rund 7 mg in 100 ccm), während die übrigen eine successive Abnahme erfuhren. Bei Kultur IV finden

[1]) l. c.

wir, daß der Stickstoffgewinn schon um 1 % gesunken ist und bei Kolben I, II, V und VI mit annähernd gleichem Stickstoffgewinn, eine weitere Abnahme von 1 % stattgefunden hat. Kolben VII und zumal VIII zeigen bereits einen wesentlich geringeren Ertrag an gebundenem Stickstoff, während bei Kolben IX und X keine Stickstoffbindung nachgewiesen werden konnte.

Aus dieser Versuchsreihe folgt, daß *Azotobacter* eine derartig euryhaline Form ist, daß er durch größeren Kochsalzgehalt des Substrats jedenfalls nicht beträchtlich in seiner stickstoffbindenden Tätigkeit gehemmt werden kann; ja, es scheint sogar, daß ein Zusatz von Kochsalz förderlich für seine Entwicklung ist.

Der Übertragung dieser Resultate auf natürliche Standorte steht allerdings noch die Tatsache entgegen, daß in Meeresbecken von höherer Konzentration nicht nur der Gehalt an Kochsalz, sondern auch an den übrigen Bestandteilen des Seewassers (Magnesiumsalze etc.) steigt. Es wäre also meine Versuchsreihe noch zu ergänzen durch eine weitere, mit wechselndem Gehalt an natürlichem Seesalz.

Schließlich weise ich auch noch darauf hin, daß der mikroskopische Anblick der Zellen des *Azotobacters* in den konzentrierten Kulturen derselbe war, wie in den salzfreien. Eine Beeinflussung der Gestalt durch den osmotischen Druck der Nährlösung ist daher nicht nachzuweisen.

# Anhang.

## Das Vorkommen der stickstoffbindenden Bakterien an Süßwasserpflanzen.

Die Entdeckung von *Azotobacter* und *Clostridium* auf festsitzenden und treibenden Meeresalgen legte es nahe, auch Süßwasserpflanzen auf das Vorhandensein jener Bakterien zu untersuchen.

Ich stellte zu diesem Zwecke eine Reihe, mit Nährlösung (Lösungsmittel: Leitungswasser) beschickter Kolben in der bekannten Weise her und beimpfte dieselben mit Plankton, weches ich auf dem Lankener See bei Preetz gefischt hatte. Außerdem wurden *Azolla, Lemna minor, Spirogyra* und *Volvox* als Impfmaterial benutzt. Die drei erstgenannten Arten gelangten unter möglichster Vermeidung einer Infektion in die Nährlösungen. *Velvox* wurde außerdem noch einem besonderen Reinigungsverfahren unterworfen. Es geschah dies, indem eine Kolonie in ein mit Glasstöpsel versehenes, mit Leitungswasser bis zur Hälfte gefülltes steriles Fläschchen gebracht, einigemal kräftig geschüttelt und auf ein steriles Filter überführt wurde. Hierauf spülte ich dreimal gründlich mit Leitungswasser ab und impfte das Kügelchen mittelst einer vorher ausgeglühten Platinnadel in die sterile Nährlösung ein.

Ich bespreche zunächst die *Volvox-* und *Spirogyra*-Kulturen. Wie auf Tabelle Nr. 16 vermerkt, wurden dieselben am 5. August in Gang gesetzt. Während der Ferien standen sie in einem dunklen Schrank, sich selbst überlassen. Der Verlauf der Entwicklung in den einzelnen Kolben wird jedenfalls derselbe gewesen sein, wie ich ihn bei den früheren Kulturen mit Meeresplankton oder festsitzenden Algen, als Impfmaterial beschrieben habe. Jedenfalls zeigte sich Mitte Oktober, daß sämtliche geimpfte Kolben eine kräftige Entwicklung von Bakterien aufzuweisen hatten. Der charakteristische braune Gallertring ließ schon auf die Gegenwart von *Azotobacter,* das Verschwundensein der Kreide und der Geruch nach Buttersäure auf *Clostridium* schließen.

Die mikroskopische Untersuchung bestätigte die Vermutung. *Clostridium* sowohl als *Azotobacter* konnten genau mit den aus dem Meere kultivierten Bakterien identifiziert werden.

Die Analyse nach Kjeldahl ergab eine recht reichliche Anreicherung an gebundenem Stickstoff.

Wie bei allen übrigen Versuchen, bei welchen mit festsitzenden oder treibenden Algen geimpft wurde, war auch bei den Süßwasserkulturen *Azotobacter chroococcum* stets in beträchtlicher Überzahl vorhanden, obwohl auch *Clostridium Pasteurianum* ohne Schwierigkeit nachgewiesen werden konnte.

Die Kulturen mit *Azolla* und *Lemna* wurden am 23. Oktober angesetzt. Sie ergaben ebenfalls, mit Rücksicht auf die Kürze der Versuchsdauer, eine erhebliche Menge durch *Azotobacter* und *Clostridium* gebundenen Stickstoff.

*Azolla,* die hierbei als Impfmaterial diente, überzog die ganze Oberfläche des Teiches des Kieler botanischen Gartens, wie ein dicker, rötlich-grüner Teppich. Derselbe hatte sich während der Herbstferien aus einer kleinen Zahl von Pflänzchen entwickelt, die anfangs Juli in den Teich eingebracht waren. Dieses förmlich „explosionsartige" Auftreten des genannten Wasserfarnes, das offenbar mit einer recht beträchtlichen Eiweißsynthese Hand in Hand ging, ließ die Vermutung nicht ungerechtfertigt erscheinen, daß diese Eiweißproduktion mindestens zum Teil mit Hilfe des auf dem *Azolla*-Pflänzchen kulturell nachgewiesenen *Azotobacter,* d. h. auf Kosten des Stickstoffs der Luft vor sich gegangen war. Um diese Vermutung zu stützen, versuchte ich auch hier den direkten mikroskopischen Nachweis des *Azotobacters* an seinem natürlichen Standort. Dasselbe gelang über Erwarten leicht.

Wurde eine *Azolla*-Wurzel unter dem Mikroskop betrachtet, so zeigte sich dieselbe umwuchert mit allen möglichen anderen Organismen; besonders fielen kleine blaugrüne Schleimklümpchen auf, die vorwiegend aus der *Cyanophycee Sphärozyga Ralfsii* bestanden. Zwischen den Zellfäden dieser Alge zeigte das Mikroskop ausnahmslos die charakteristischen, sarcina-ähnlichen Pakete von *Azotobacter,* die übrigens auch unabhängig von der Sphärozyga, gelegentlich zwischen den Wurzelfasern anzutreffen waren. Der Nachweis des *Azotobacters* gestaltete sich besonders dann sehr leicht, wenn man einen Teil einer *Azolla*-Wurzel mit den daran haftenden Organismen an dem Deckglas antrocknen ließ und mit Methylenblau färbte. — Dieser Nachweis fordert darum auf, künftig auch in anderen Fällen solchen explosionsartigen Auftretens von Wasserpflanzen, Wasserblüte etc. nach stickstoffbindenden Bakterien mit dem Mikroskop oder mit Hilfe von Kulturen zu fahnden.

## Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse.

1. Stickstoffbindende Bakterien, deren Vorkommen auf dem Festlande seit 20 Jahren bekannt ist, sind auch als regelmäßige Bewohner der Meere zu bezeichnen.
2. Die im Meere vorkommenden Formen konnten mit den auf dem Festlande nachgewiesenen *Azotobacter chroococcum* Beijerinck und *Clostridium Pasteurianum* Winogradsky identifiziert werden. Die morphologischen und physiologischen Eigenschaften derselben stimmten im wesentlichen überein mit jenen, welche von Winogradsky, Beijerinck und anderen Forschern beschrieben worden sind. Ich stellte außerdem fest, daß *Azotobacter* ein euryhaliner Organismus ist. Er übte noch in einer Nährlösung, die 8% Kochsalz enthielt, stickstoffbindende Tätigkeit aus.
3. Es wurde festgestellt, daß die stickstoffbindenden Bakterien am Meeresgrunde, an festsitzenden Algen und auf Planktonorganismen vorkommen.
4. Sie waren nachzuweisen an verschiedenen Stellen der Ost- und Nordsee, ferner im Indischen Ozean, sowohl an der afrikanischen Küste als auch im malayischen Archipel. Nebenbei wurde festgestellt, daß sie auch auf dem tropischen Festlande (Amani, Buitenzorg) im Erdboden anzutreffen sind.
5. Anhangsweise wurde ermittelt, daß auch im Plankton von Süßwasserbecken die genannten stickstoffbindenden Bakterien weit verbreitet sind.

**Tabelle 1.**

## Kulturflüssigkeit (1—4).

| | |
|---|---|
| Ostseewasser oder Leitungswasser | 100 gr |
| Dextrose | 4 gr |
| $K_2 H PO_4$ | 0.1 gr |
| $Mg SO_4 + 7 H_2 O$ | 0.05 gr |
| $Ca CO_3$ | 0.3 gr. |

| Nummer des Versuches | Kulturzeit | Anzahl der Tage | Leitungswasser oder Ostseewasser | Impfmaterial | Milligramm N. in der geimpften Kultur | Milligramm N. in der geimpften, dann sofort sterilisierten Kultur | Stickstoff-gewinn in 100 ccm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 15. Mai—15. Juni | 29 | Ostseewasser | Gartenerde | 7.53 | 1.77 | 6.76 |
| 2 | „ „ | 29 | „ | Schlick | 7.35 | 1.70 | 5.65 |
| 3 | „ „ | 29 | Leitungswasser | Gartenerde | 6.56 | 1.47 | 5.09 |
| 4 | „ „ | — | „ | Schlick | 6.06 | 1.70 | 4.36 |

**Tabelle 2.**

## Kulturflüssigkeit (1—18).

| | |
|---|---|
| Ostseewasser | 200 gr |
| Dextrose | 4 gr |
| $K_2 H PO_4$ | 0.04 gr |
| $Mg SO_4 + 7 H_2 O$ | 0.02 gr |
| $\pm Ca CO_3$ | 0.3 gr. |

| Nummer des Versuches | Kulturzeit | Anzahl der Tage | Mit oder ohne $Ca CO_3$ | Impfmaterial | Milligramm N. in der geimpften Kultur | Milligramm N. in der geimpften, dann sofort sterilisierten Kultur | Stickstoff-gewinn in 200 ccm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 8. Februar—22. April | 72 | + | Schlick aus der Gegend der Heulboje | 22 | 6 | 16 |
| 2 | „ „ | 72 | — | | 15 | 6 | 9 |
| 3 | 23. April—28. Mai | 34 | + | | 7 | 0.3 | 6.7 |
| 4 | „ „ | 34 | — | | 1.17 | 0.28 | 0.89 |
| 5 | „ „ | 34 | + | | 6.0 | 0.27 | 5.73 |
| 6 | „ „ | 34 | — | | 2.9 | 0.23 | 2.67 |
| 7 | 20. Mai—15. Juni | 21 | + | | 3.64 | 0.7 | 2.94 |
| 8 | „ „ | 21 | + | | 4.29 | 0.7 | 3.59 |
| 9 | 20. Mai—30. Juni | 41 | + | | 6.51 | 0.7 | 5.81 |
| 10 | „ „ | 41 | + | | 4.59 | 0.7 | 3.89 |
| 11 | 20. Mai—25. Juli | 65 | + | | 13.72 | 2.87 | 10.85 |
| 12 | „ „ | 65 | + | | 11.83 | 2.87 | 8.96 |
| 13 | „ „ | 65 | + | | 11.06 | 2.94 | 8.12 |
| 14 | „ „ | 65 | + | | 12.46 | 2.87 | 9.59 |
| 15 | „ „ | 65 | + | | 7.77 | 2.87 | 4.90 |
| 16 | „ „ | 65 | + | | 11.62 | 2.94 | 8.68 |
| 17 | „ „ | 65 | + | | 6.51 | 0.74 | 5.81 |
| 18 | „ „ | 65 | + | | 4.59 | 0.70 | 3.89 |

**Tabelle 3.**

## Kulturflüssigkeit (1—8).

| | |
|---|---|
| Ostseewasser | 100 gr |
| Mannit | 4 gr |
| $K_2 H PO_4$ | 0.04 gr |
| $Mg SO_4 + 7 H_2 O$ | 0.02 gr |
| $Ca CO_3$ | 0.3 gr. |

| Nummer des Versuches | Kulturzeit | Anzahl der Tage | Impfmaterial | Milligramm N. in der geimpften Kultur | Milligramm N. in der geimpften, dann sofort sterilisierten Kultur | Stickstoff-gewinn in 100 ccm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20. Mai—25 Juni | 35 | Schlick aus der Gegend der Heulboje und des Feuerschiffes | 3.66 | 0.60 | 3.06 |
| 2 | „ „ | 35 | | 3.99 | 0.60 | 3.39 |
| 3 | „ „ | 35 | | 2.17 | 0.60 | 1.57 |
| 4 | 20. Mai—25. Juli | 65 | | 14.28 | 3.21 | 11.07 |
| 5 | „ „ | 65 | | 13.43 | 3.22 | 10.21 |
| 6 | „ „ | 65 | | 11.13 | 3.22 | 7.91 |
| 7 | „ „ | 65 | | 7.49 | 3.11 | 4.38 |
| 8 | „ „ | 65 | | 10.43 | 3.11 | 7.32 |

**Tabelle 4.**

## Kulturflüssigkeit (1—10).

| | |
|---|---|
| Leitungswasser | 300 gr |
| Dextrose | 4 gr |
| $K_2 H PO_4$ | 0.1 gr |
| $Mg SO_4 + 7 H_2 O$ | 0.1 gr |
| Na Cl | 9 gr |
| $Ca CO_3$ | 0.3 gr. |

| Nummer des Versuches | Kulturzeit | Anzahl der Tage | Impfmaterial | Milligramm N. in der geimpften Kultur | Milligramm N. in der geimpften, dann sofort sterilisierten Kultur | Stickstoff-gewinn in 300 ccm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5. August—7. Dezember | 124 | Meeresboden aus dem Hafen von Tanga, bei tiefer Ebbe. | 14.93 | 1.92 | 13.01 |
| 2 | „ „ | 124 | Meeresboden aus dem Hafen von Tanga, unterhalb des Kaisergartens. | 12.95 | 1.47 | 11.48 |
| 3 | „ „ | 124 | Meeresboden von der Hafeneinfahrt zu Tanga. | 17.43 | 2.30 | 15.13 |
| 4 | „ „ | 124 | Meeresboden aus dem Hafen von Tanga, 150 m vom Strande, bei tiefer Ebbe. | 19.97 | 2.35 | 17.62 |
| 5 | 20. Oktober—8. August | 46 | Meeresschlick aus Java. | 21.0 | 2.8 | 18.2 |
| 6 | „ „ | 46 | „ | 12.67 | 1.95 | 10.72 |
| 7 | 22. November—28. Dez. | 35 | Erde aus dem Garten von Buitenzorg. | 14.0 | 7.6 | 6.4 |
| 8 | „ „ | 35 | „ | 15.0 | 7.6 | 7.2 |
| 9 | „ „ | 35 | Erde aus Amani. | 17.8 | 8.3 | 9.5 |
| 10 | „ „ | 35 | „ | 13.9 | 8.3 | 5.6 |

**Tabelle 5.**

## Kulturflüssigkeit (1—12).

| | |
|---|---|
| Ostseewasser | 200 gr |
| Dextrose oder Mannit | 4 gr |
| $K_2 H PO_4$ | 0.1 gr |
| $Mg SO_4 + 7 H_2 O$ | 0.05 gr |
| $\pm$ Ca $CO_3$ | 0.3 gr. |

| Nr. des Versuches | Kulturzeit | Anzahl der Tage | Mit oder ohne Ca $CO_3$ | Impfmaterial | Milligramm N. in der geimpften Kultur | Milligramm N in der geimpften, dann sofort sterilisierten Kultur | Stickstoffgewinn in 200 ccm | Mannit oder Dextrose |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 18. Mai—28. Juni | 41 | + | *Hydrolapathum sanguineum* | 4.97 | 0.3 | 4.67 | Dextrose |
| 2 | „ „ | 41 | — | „ | 3.10 | 0.3 | 2.80 | „ |
| 3 | „ „ | 41 | + | „ | 5.32 | 0.3 | 5.02 | Mannit |
| 4 | „ „ | 41 | — | „ | 2.30 | 0.3 | 2.00 | „ |
| 5 | 28. Mai—3. Juli | 36 | + | „ | 4.97 | 0.3 | 4.67 | „ |
| 6 | | 112 | + | „ | 8.96 | 0.34 | 8.62 | Dextrose |
| 7 | | 112 | + | *Polysiphonia elongata* | 7.38 | 0.34 | 7.04 | „ |
| 8 | | 112 | + | *Cystoclonium purpurascens* | 11.50 | 0.49 | 11.01 | „ |
| 9 | | 112 | + | *Fucus serratus* | 8.76 | 0.49 | 8.27 | „ |
| 10 | | 112 | + | *Laminaria flexicaulis* | 7.38 | 0.49 | 6.89 | „ |
| 11 | | 112 | + | *Seestern* | 13.02 | 0.49 | 12.53 | „ |
| 12 | | 112 | + | *Mytilus* | 12.03 | 0.49 | 11.54 | „ |

**Tabelle 6.**

## Kulturflüssigkeit (1—8).

| | |
|---|---|
| Ostseewasser | 200 gr |
| Mannit | 3 gr |
| $K_2 H PO_4$ | 0.1 gr |
| $Mg SO_4 + 7 H_2 O$ | 0.05 gr |
| Na Cl | 3.0 gr |
| Ca $CO_3$ | 0.3 gr |

| Nr. des Versuches | Kulturzeit | Anzahl der Tage | Impfmaterial | Milligramm N. in der geimpften Kultur | Milligramm N. in der geimpften, dann sofort sterilisierten Kultur | Stickstoffgewinn in 200 ccm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 15. November—12. Dezember | 26 | *Plocamium coccineum* | 6.87 | 1.50 | 5.37 |
| 2 | „ „ | 26 | *Polyides rotundus* | 8.07 | 1.50 | 6.57 |
| 3 | „ „ | 26 | *Chondrus crispus* | 6.90 | 1.50 | 5.46 |
| 4 | „ „ | 26 | *Fucus serratus* | 6.40 | 1.50 | 4.93 |
| 5 | „ „ | 26 | *Halidrys quadrivalvis* | 9.56 | 1.86 | 7.70 |
| 6 | „ „ | 26 | *Laminaria sacharina* | 8.50 | 1.86 | 6.65 |
| 7 | „ „ | 26 | *Enteromorpha linza* | 7.46 | 1.86 | 5.60 |
| 8 | „ „ | 26 | *Porphyra laciniata* | 7.68 | 1.86 | 5.82 |

**Tabelle 7.** **Kulturflüssigkeit (1—10).**

| | |
|---|---|
| Ostseewasser | 100 gr |
| Dextrose bezw. Mannit | 4 gr |
| $K_2HPO_4$ | 0.1 gr |
| $MgSO_4 + 7H_2O$ | 0.05 gr |
| $\pm CaCO_3$ | 0.3 gr |
| Bei Kultur Nr. 5 $(NH_4)_2SO_4$ außerdem | 0.04 gr. |

| Nummer des Versuches | Kulturzeit | Anzahl der Tage | Mit oder ohne $CaCO_3$ | Impfmaterial | Milligramm N. in der geimpften Kultur | Milligramm N. in der geimpften und dann sterilisierten Kultur | Stickstoffgewinn in 100 ccm | Dextrose oder Mannit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 9. Februar—22. April | 72 | + | Geimpft wurde mit geringen Mengen einer alten abgegohrenen Mannitkultur, die ihrerseits mit Plankton aus der Ostsee geimpft worden war. | 17 | 0.30 | 16.7 | Dextrose |
| 2 | „ „ | 72 | — | | 10 | 0.30 | 9.72 | „ |
| 3 | „ „ | 72 | + | | 10 | 0.30 | 9.7 | „ |
| 4 | „ „ | 72 | — | | 2 | 0.30 | 1.7 | „ |
| 5 | „ „ | 72 | + | | 26 | 1.25 | 24.75 | „ |
| 6 | „ „ | 72 | — | | 3 | 0.20 | 2.8 | „ |
| 7 | 23. April—26. Mai | 33 | + | | 6 | 0.21 | 5.79 | Mannit |
| 8 | „ „ | 33 | — | | 1.3 | 0.4 | 0.9 | „ |
| 9 | „ „ | 33 | + | | 5.3 | 0.28 | 5.02 | „ |
| 10 | „ „ | 33 | — | | 3.0 | 0.23 | 2.77 | „ |

**Tabelle 8.** **Kulturflüssigkeit (1—8).**

| | |
|---|---|
| Ostseewasser | 100 gr |
| Mannit bezw. Dextrose | 3 gr |
| $K_2HPO_4$ | 0.1 gr |
| $MgSO_4 + 7H_2O$ | 0.05 gr |
| $CaCO_3$ | 0.3 gr. |

| Nummer des Versuches | Kulturzeit | Anzahl der Tage | Impfmaterial | Milligramm N. in der geimpften Kultur | Milligramm N. in der geimpften, dann sofort sterilisierten Kultur | Stickstoffgewinn in 100 ccm | Mannit bezw. Dextrose |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1. Juni—3. August | 63 | Geimpft wurde mit Spuren Plankton, welches in der Gegend der Heulboje gefischt worden war. | 2.94 | 0.49 | 2.45 | Dextrose |
| 2 | „ „ | 63 | | 3.99 | 0.49 | 3.50 | „ |
| 3 | „ „ | 63 | | 4.00 | 0.49 | 3.51 | „ |
| 4 | „ „ | 63 | | 2.63 | 0.49 | 2.14 | „ |
| 5 | „ „ | 63 | | 10.15 | 0.52 | 9.63 | Mannit |
| 6 | „ „ | 63 | | 8.83 | 0.52 | 8.31 | „ |
| 7 | „ „ | 63 | | 9.21 | 0.52 | 8.69 | „ |
| 8 | „ „ | 63 | | 5.3 | 0.52 | 5.01 | „ |

**Tabelle 9.** **Kulturflüssigkeit (1—2).**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ostseewasser . . . . . | 1500 gr | $MgSO_4$ . . . . . | 0.5 gr |
| Dextrose 10 bezw. . . . | 5 gr | $CaCO_3$ . . . . . | 0.3 gr. |
| $K_2HPO_4$ . . . . . | 1 gr | | |

| Nummer des Versuches | Kulturzeit | Anzahl der Tage | Impfmaterial | Milligramm N. in der geimpften Kultur | Milligramm N. in der geimpften, dann sofort sterilisierten Kultur | Stickstoffgewinn in 1500 ccm | 10 gr bezw. 5 gr Dextrose |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6. Juli—1. November | 118 | Plankton | 78.0 | 5.5 | 72.5 | 10 gr |
| 2 | „ „ | 118 | „ | 43.0 | 5.5 | 37.5 | 5 gr |

**Tabelle 10.** **Kulturflüssigkeit (1—8).**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ostseewasser . . . . . | 100 gr | $MgSO_4 + 7H_2O$ . . . . | 0.05 gr |
| Mannit oder Dextrose . . | 3 gr | $CaCO_3$ . . . . . | 0.3 gr |
| $K_2HPO_4$ . . . . . | 0.1 gr | | |

| Nummer des Versuches | Kulturzeit | Anzahl der Tage | Impfmaterial | Milligramm N. in der geimpften Kultur | Milligramm N. in der geimpften, dann sofort sterilisierten Kultur | Stickstoffgewinn in 100 ccm | Mannit bezw. Dextrose |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1. Juni—3. August | 63 | Plankton aus der Gegend der Heulboje | 2.94 | 0.49 | 2.45 | Dextrose |
| 2 | „ „ | 63 | | 3.99 | 0.49 | 3.50 | „ |
| 3 | „ „ | 63 | | 4.00 | 0.49 | 3.51 | „ |
| 4 | „ „ | 63 | | 2 63 | 0.49 | 2.14 | „ |
| 5 | „ „ | 63 | | 10.15 | 0.52 | 9.63 | Mannit |
| 6 | „ „ | 63 | | 8.83 | 0.52 | 8.31 | Mannit |
| 7 | „ „ | 63 | | 9.21 | 0.52 | 8.69 | „ |
| 8 | „ „ | 63 | | 5.30 | 0.52 | 5.78 | „ |

**Tabelle 11.** **Kulturflüssigkeit (1—6).**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ostseewasser . . . . . | 200 gr | $MgSO_4 + 7H_2O$ . . . . | 0.05 gr |
| Mannit . . . . . | 3 gr | $CaCO_3$ . . . . . | 0.3 gr. |
| $K_2HPO_4$ . . . . . | 0.1 gr | | |

| Nummer des Versuches | Kulturzeit | Anzahl der Tage | Impfmaterial | Milligramm N. in der geimpften Kultur | Milligramm N. in der geimpften, dann sofort sterilisierten Kultur | Stickstoffgewinn in 200 ccm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 13. November—10. Dezember | 27 | Plankton aus der Gegend des Feuerschiffes | 6.19 | 0.53 | 5.66 |
| 2 | „ „ | 27 | | 5.20 | 0.53 | 4.67 |
| 3 | „ „ | 27 | | 6.09 | 0.53 | 5.56 |
| 4 | „ „ | 27 | | 7.00 | 0.53 | 6.47 |
| 5 | „ „ | 27 | | 8.95 | 0.53 | 8.42 |
| 6 | „ „ | 27 | | 6.32 | 0.53 | 5.79 |

**Tabelle 12.**

## Kulturflüssigkeit (1—12).

Ostseewasser . . . . . 200 gr
Dextrose . . . . . 3 gr
$K_2HPO_4$ . . . . . 0.1 gr
$MgSO_4 + 7H_2O$ . . . . . 0.05 gr
$CaCO_3$ . . . . . 0.3 gr.

| Nummer des Versuches | Kulturzeit | Anzahl der Tage | Impfmaterial | Milligramm N. in der geimpften Kultur | Milligramm N. in der geimpften, dann sofort sterilisierten Kultur. | Stickstoff-gewinn in 200 ccm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 29. Mai — 14. Juni | 16 | | 7.41 | 3.00 | 4.41 |
| 2 | „ „ | 16 | | 8.46 | 3.00 | 5.46 |
| 3 | 29. Mai — 28. Juni | 30 | | 8.93 | 3.00 | 5.93 |
| 4 | „ „ | 30 | | 9.32 | 3.00 | 6.32 |
| 5 | 29. Mai — 15. Juli | 47 | Schlick aus der Gegend | 11.79 | 3.00 | 8.79 |
| 6 | „ „ | 47 | | 11.03 | 3.00 | 8.03 |
| 7 | 29. Mai — 1. August | 64 | des Feuerschiffes | 12.63 | 3.00 | 9.63 |
| 8 | „ „ | 64 | | 12.60 | 3.00 | 9.60 |
| 9 | 29. Mai — 20. Oktober | 144 | | 12.60 | 3.00. | 9.60 |
| 10 | „ „ | 144 | | 13.40 | 3.00 | 10.40 |
| 11 | 29. Mai — 5. Dezember | 190 | | 10.35 | 3.00 | 7.35 |
| 12 | „ „ | 190 | | 12.84 | 3.00 | 9.84 |

**Tabelle 13.**

## Kulturflüssigkeit (1—5).

Ostseewasser . . . . . 200 gr
$K_2HPO_4$ . . . . . 0.1 gr
$MgSO_4 + 7H_2O$ . . . . . 0.05 gr
$CaCO_3$ . . . . . 0.3 gr.

Kolben 1 erhielt außerdem noch 2 gr Dextrose
„ 2 „ „ „ 4 „ „
„ 3 „ „ „ 8 „ „
„ 4 „ „ „ 12 „ „
„ 5 „ „ „ 16 „ „

| Nummer des Versuches | Kulturzeit | Anzahl der Tage | Impfmaterial | Milligramm N. in der geimpften Kultur | Milligramm N. in der geimpften, dann sofort sterilisierten Kultur | Stickstoff-gewinn in 200 ccm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3. Juni — 25. Oktober | 144 | | 5.62 | 0.56 | 5.06 |
| 2 | „ „ | 144 | Schlick aus der Gegend | 7.30 | 0.56 | 6.74 |
| 3 | „ „ | 144 | | 6.92 | 0.56 | 6.36 |
| 4 | „ „ | 144 | des Feuerschiffes | 4.83 | 0.56 | 4.27 |
| 5 | „ „ | 144 | | 3.20 | 0.56 | 2.64 |

**Tabelle 14.** **Kulturflüssigkeit (1—10).**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Leitungswasser . . . . | 100 gr | $Mg\,SO_4 + 7\,H_2O$ . . . . | 0.025 gr |
| Mannit . . . . . | 3 gr | $Ca\,CO_3$ . . . . . | 0.3 gr. |
| $K_2\,H\,PO_4$ . . . . . | 0.05 gr | | |

Kolben 1 erhielt außerdem noch 1 gr Chlornatrium
„ 2 „ „ „ 2 „ „
„ 3 „ „ „ 3 „ „
„ 4 „ „ „ 4 „ „
„ 5 „ „ „ 5 „ „
„ 6 „ „ „ 6 „ „
„ 7 „ „ „ 7 „ „
„ 8 „ „ „ 8 „ „
„ 9 „ „ „ 9 „ „
„ 10 „ „ „ 10 „ „

| Nummer des Versuches | Kulturzeit | Anzahl der Tage | Impfmaterial | Milligramm N. in der geimpften Kultur | Milligramm N. in der geimpften, dann sofort sterilisierten Kultur | Stickstoffgewinn in 100 ccm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3. Dezember — 25. Januar | 52 | Spuren einer Kahmhaut, anscheinend nur aus Azotobacterzellen bestehend | 4.9 | 0.6 | 4.3 |
| 2 | „ „ | 52 | | 5.2 | 0.6 | 4.6 |
| 3 | „ „ | 52 | | 7.5 | 0.6 | 6.9 |
| 4 | „ „ | 52 | | 6.1 | 0.6 | 5.5 |
| 5 | „ „ | 52 | | 5.3 | 0.6 | 4.7 |
| 6 | „ „ | 52 | | 5.1 | 0.6 | 4.5 |
| 7 | „ „ | 52 | | 3.8 | 0.6 | 3.2 |
| 8 | „ „ | 52 | | 2.9 | 0.6 | 2.3 |
| 9 | „ „ | 52 | | 0.6 | 0.6 | — |
| 10 | „ „ | 52 | | 0.58 | 0.6 | — |

**Tabelle 15.** **Kulturflüssigkeit (1—10).**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Leitungswasser . . . . . | 200 gr | $Mg\,SO_4 + 7\,H_2O$ . . . . | 0.05 gr |
| Dextrose bezw. Mannit . . | 4 gr | $Ca\,CO_3$ . . . . . | 0.3 gr. |
| $K_2\,H\,PO_4$ . . . . . | 0.1 gr | | |

| Nummer des Versuches | Kulturzeit | Anzahl der Tage | Impfmaterial | Milligramm N. in der geimpften Kultur | Milligramm N. in der geimpften, dann sofort sterilisierten Kultur | Stickstoffgewinn in 200 ccm | Mannit bezw. Dextrose |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5. August — 18. Oktober | 74 | Plankton aus dem Lankener See bei Preetz | 7.96 | 0.46 | 7.50 | Dextrose |
| 2 | „ „ | 74 | | 8.05 | 0.46 | 7.59 | „ |
| 3 | „ „ | 74 | | 6.86 | 0.46 | 6.40 | „ |
| 4 | „ „ | 74 | | 9.32 | 0.46 | 8.86 | „ |
| 5 | „ „ | 74 | | 8.56 | 0.46 | 8.10 | „ |
| 6 | „ „ | 74 | | 13.16 | 0.39 | 12.77 | Mannit |
| 7 | „ „ | 74 | | 9.92 | 0.39 | 9.53 | „ |
| 8 | „ „ | 74 | | 10.83 | 0.39 | 10.44 | „ |
| 9 | „ „ | 74 | | 11.29 | 0.39 | 10.90 | „ |
| 10 | „ „ | 74 | | 10.72 | 0.39 | 10.33 | „ |

**Tabelle 16.**

## Kulturflüssigkeit (1—5).

Leitungswasser . . . . . 200 gr
Dextrose bezw. Mannit . . . . . 4 gr
$K_2 H PO_4$ . . . . . 0.1 gr
$Mg SO_4 + 7 H_2 O$ . . . . . 0.05 gr
$Ca CO_3$ . . . . . 0.3 gr.

| Nummer des Versuches | Kulturzeit | Anzahl der Tage | Impfmaterial | Milligramm N. in der geimpften Kultur | Milligramm N. in der geimpften, dann sofort sterilisierten Kultur | Stickstoff-gewinn in 200 ccm | Dextrose oder Mannit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5. August — 18. Oktober | 74 | *Spirogyra* | 8.42 | 0.46 | 7.96 | Dextrose |
| 2 | „ „ | 74 | *Volvox* | 11.23 | 0.39 | 10.84 | „ |
| 3 | 23. Oktober — 8. Dezbr. | 46 | *Azolla* | 7.70 | 0.32 | 7.38 | Mannit |
| 4 | „ „ | 46 | *Azolla* | 6.93 | 0.37 | 6.56 | „ |
| 5 | „ „ | 46 | *Lemna minor.* | 5.10 | 0.32 | 4.78 | „ |

# Untersuchungen

über das

# Pankreas der Knochenfische.

---

Von

**Albert Krüger.**

---

In der Anlage zwei Tafeln.

---

Das Pankreas der Knochenfische zeigt in seiner Anordnung zu den einzelnen Organen des Tractus intestinalis gegenüber den höheren Wirbeltieren eigenartige Abweichungen. Während bei höheren Wirbeltieren das Pankreas eine kompakte, an einer bestimmten Stelle des Darmrohres gelegene Drüse ist, breitet sich die Bauchspeicheldrüse der Knochenfische in Gestalt von kleinen, dünnen Strängen, die die Blutgefäße umhüllen, in der ganzen Bauchhöhle am Darmtraktus entlang aus, worin denn auch die Ursache aller jener noch heute unklaren Anschauungen über diese Drüse bei den Knochenfischen zu suchen ist.

Bei den höheren Wirbeltieren hatten die Autoren ausnahmslos ein gut ausgebildetes Pankreas gefunden und auch die große physiologische Bedeutung dieser Drüse für die Verdauung erkannt. Auch bei den Plagiostomen hatte man ein gut ausgebildetes Pankreas gefunden, nur bei den Knochenfischen waren die Untersuchungen resultatlos verlaufen. Es besaßen also die in mancher Hinsicht niedriger organisierten und phylogenetisch älteren Plagiostomen ein Pankreas, während den höher organisierten Teleostiern diese für die Verdauung der Wirbeltiere wichtige Drüse fehlen sollte. Auf Grund der Resultate an den Plagiostomen war es denn auch nicht möglich, den Knochenfischen eine pankreatische Verdauung vollständig abzusprechen. Da man aber trotz wiederholter Untersuchungen keine Pankreasdrüse am Darmtraktus der Knochenfische fand, glaubte man sich dazu berechtigt, wenigstens anzunehmen, daß der pankreatische Verdauungssaft von einem dem Pankreas analogen Organe gebildet werden müsse.

Weber, der bei *Cyprinus carpio* die nach ihm benannten Gänge, jedoch kein Pankreas gefunden hatte, sah die Leber als Analogon an, wobei er annahm, daß jener von ihm entdeckte Gang die Ableitung des in der Leber gebildeten Pankreassaftes besorge.

Aber mehr noch schienen die Appendices pyloricae, deren Bedeutung ja vollständig unklar war, die Stelle eines Pankreas bei den Knochenfischen zu versehen. Auch sie münden am Anfang des Dünndarmes wie das Pankreas; sie fehlen bei den Plagiostomen, die eine Bauchspeicheldrüse besitzen, dagegen sind sie bei den Teleostiern, wenigstens zum Teil, vorhanden. Die meisten Autoren ließen sich durch derartige Erwägungen auch verleiten, die Appendices als eine Art Pankreasdrüse der Fische anzusehen. Daß nicht alle Knochenfische Pförtneranhänge besaßen, war nach der Entdeckung Webers ja leicht zu erklären. Weber hatte nämlich bei *Silurus* und *Esox*, beide ohne Pförtneranhänge, ein Pankreas mit gesondertem Ausführgang gefunden. So schien jeglicher Widerspruch beseitigt zu sein, Fischen mit Pförtneranhängen fehlte demnach ein typisches Pankreas, während Fische ohne Pförtneranhänge eine typische Pankreasdrüse besaßen.

Trotzdem erhoben sich bald Zweifel an der Richtigkeit dieser Hypothese. Steller in Petersburg behauptete nämlich, daß Appendices pyloricae und Pankreas gleichzeitig in einem Tiere vorkommen könnten, eine Behauptung, die um so weniger beachtet wurde, da das nötige Beweismaterial fehlte.

Weitere Untersuchungen legten aber bald klar, daß jene Theorie doch nicht ganz lückenlos sei, denn den Cyprinoïden, Apoden (Angnilla . . .), Lophobranchiern und Plectognathen fehlten sowohl Appendices als auch Pankreas. Nichtige Einwände, wie die Duvernoys, daß das Pankreas für die Fische von geringerer Bedeutung sei als für die höheren Wirbeltiere, oder gar daß die Befunde der Autoren ungenau seien, konnten diese Lücke nicht verdecken. Auch wurden die Untersuchungen Webers von Alessandrini an *Esox* und von Brandt und Ratzeburg an *Silurus* bald bestätigt.

Daß trotzdem die Ansicht von der Äquivalenz des Pankreas und der Appendices pyloricae weiter vertreten wurde, ist nur der einflußreichen Ansicht Meckels zuzuschreiben, der in den Appendices des Störs den klarsten Beweis für einen Übergang vom wahren Pankreas zu Appendices finden zu können glaubte. Wenn auch diese Ansicht Meckels durch Alessandrini 1833 widerlegt wurde, der nachwies, daß der Stör ein wahres Pankreas besitze, das histologisch genau so beschaffen sei wie das Pankreas der höheren Wirbeltiere, sich aber ganz und gar von den Appendices unterscheide, so war ja dadurch zwar die Haltlosigkeit der bisher vertretenen Theorie erwiesen, aber leider noch lange nicht anerkannt. Meckels Ansicht war so einflußreich, daß auch noch in den folgenden Jahren die meisten Autoren seinen alten Standpunkt vertraten.

Die Pankreasforschung bei den Knochenfischen trat erst in neue Bahnen durch die Arbeiten von Stannius und Brockmann 1846. Diese beiden Autoren beschrieben ein mit Ausführgängen versehenes Pankreas für *Salmo salar, Clupea harengus, Gadus callarias, Cottus scorpius, Perca fluviatilis, Pleuronectes platessa, Pleuronectes maximus, Belone longirostris* und *Cyprinus brama.* Auch wurde Alessandrini's Entdeckung beim Stör von Stannius bestätigt.

Wenn auch die Angaben dieser beiden Autoren über das Pankreas der Knochenfische durchaus noch keine erschöpfenden waren, so war wenigstens endgültig durch dieselben die Ansicht von der Äquivalenz des Pankreas und der Pförtneranhänge erschüttert und Anregung zu neuen, genaueren Untersuchungen gegeben.

Zunächst begnügte man sich zwar mit den Angaben von Brockmann und Stannius oder blieb auch wohl bei der Ansicht, daß den Knochenfischen ein typisches Pankreas fehle, und daß es durch andere Organe wie Leber oder Appendices funktionell ersetzt würde. Neue Untersuchungen, die zur Aufklärung hätten dienen können, wurden in den folgenden Jahren kaum ausgeführt.

Erst Legouis, 1873, der auch sehr ausführlich die ältere Literatur behandelt, wurde durch die Arbeiten von Weber, Stannius und Brockmann angeregt, sich eingehender mit den Verhältnissen des Pankreas bei den Fischen zu beschäftigen. Er untersuchte ungefähr 40 Individuen der verschiedensten Familien und wies bei jedem von ihnen ein Pankreas nach, wobei er auch zum Teil die Befunde von Brockmann und Stannius bestätigte und ergänzte. Es gelang ihm denn auch an der Hand seiner zahlreichen Untersuchungen festzustellen, daß die von Weber entdeckten Kanäle, die er „Weber'sche Gänge" nannte, allgemein bei den Fischen mehr oder weniger deutlich sichtbar vorhanden und mit den Ausführgängen des Pankreas identisch seien, auch daß sie mit all den schon von Stannius und Brockmann gefundenen drüsigen Körpern nach seiner Ansicht in Verbindung ständen. So schloß er denn mit Recht, daß auch sämtlichen Knochenfischen ein ansehnliches Pankreas zukomme.

Mit dieser Arbeit schien jeglicher Zweifel über das Vorhandensein eines typischen Pankreas bei den Knochenfischen beseitigt.

Allerdings bestritt Krukenberg im Jahre 1878 die Richtigkeit der von Legouis ausgeführten Untersuchungen. Nach seiner Meinung sei das bei Stör und Hecht als Pankreas gedeutete Organ nur Fett oder eine Drüse von unbekannter Funktion, da bei seinen physiologischen Untersuchungen das Störpankreas weder Spuren von tryptischer noch peptischer Wirkung auf rohes Fibrin erkennen ließ. Ein Pankreas finde sich nach seiner Ansicht nur bei *Belone rostrata, Rhombus maximus, Mugil cephalus* und vielleicht auch bei *Perca fluviatilis.* Aber Krukenberg wurde bald von Nußbaum und auch von Cajetan 1883 widerlegt.

Trotzdem hatten Legouis' Untersuchungen nicht den rechten Erfolg. Auch blieben dieselben verhältnismäßig unbekannt. Legouis hatte eben bei seinen Untersuchungen die makroskopischen Verhältnisse der Drüse zu sehr in den Vordergrund gerückt, dabei aber fast vollständig versäumt, den Beweis für die Richtigkeit dieser Verhältnisse durch histologische und physiologische Untersuchungen zu erbringen.

Laguesse, der auch zunächst diesen Mangel hervorhebt, hat dann das Pankreas für die von Legouis untersuchten *Crenilabridae, Scorpaenidae, Blenniidae* und *Sygnathidae* in seiner Arbeit aus dem Jahre 1891 histologisch nachgewiesen.

Im Jahre 1892 erschien dann eine Arbeit von Eberth und Müller über das Pankreas, in der sich auch Angaben über die Pankreaszelle des Hechtes finden.

Das Pankreas der Sardine, Merlangus und Steinbutte wurde von Schieffer genau studiert (1894). Oppel bestätigte dann im Jahre 1898 die Befunde von Laguesse an verschiedenen Knochenfischen. Gleichzeitig erschien auch eine Arbeit von Gulland über das Pankreas der Forelle.

Diamare (1895 und 1899) und Massari (1898) haben dann für einzelne Fischgattungen auch den Nachweis intertubulärer Zellhaufen im Pankreas der Knochenfische erbracht.

Nach all diesen zahlreichen Arbeiten über das Pankreas der Knochenfische sind hinsichtlich der morphologischen Verhältnisse desselben kaum größere neue Resultate zu erwarten. Ich habe aber trotzdem auch diese Verhältnisse berücksichtigt, um teilweise die Beobachtungen anderer Autoren mit den meinigen zu vergleichen, aber auch um die Angaben über ein Pankreas bei denjenigen Knochenfischen zu vervollständigen, die bisher in dieser Hinsicht noch nicht untersucht worden sind. Mögen durch diese morphologischen, histologischen und physiologischen Untersuchungen wenigstens endgültig die noch bestehenden, irrigen Anschauungen über das Pankreas der Knochenfische beseitigt werden.

## Allgemeine Morphologie des Pankreas der Knochenfische.

Stannius hat das Pankreas seiner Form nach eingeteilt in ein disseminiertes, ein diffuses und ein massives Pankreas, eine Einteilung, die von den Autoren beibehalten worden ist. Disseminiertes Pankreas, dünne, meist nur mikroskopisch wahrnehmbare Stränge von Pankreasgewebe, und diffuses Pankreas, eine lamellenartige Anordnung von dickeren Strängen, sind die für die Knochenfische charakteristische Form des Pankreas. Eine scharfe Sonderung dieser Formen gegeneinander ist natürlich nicht durchzuführen, es gehen vielmehr beide mehr oder weniger ineinander über.

Die dritte Form des Pankreas, die massive, hat für das Pankreas der Knochenfische keinerlei Bedeutung. Diejenigen kleinen kompakten Körper, die Brockmann zuerst sah und auf Grund ihrer Drüsenstruktur als Pankreas definierte, die in Wirklichkeit aber intertubuläre Zellhaufen sind, immerhin also eine abweichende Struktur von der des typischen Pankreas aufweisen, können schon aus diesem Grunde nicht als massives Pankreas angesehen werden.

Als Ergebnis der von mir ausgeführten Untersuchungen an den einzelnen Fischen kann folgendes festgestellt werden:

In der diffusen und disseminierten Form ist die Bauchspeicheldrüse am ganzen Darmtraktus entlang und in den von demselben gebildeten Krümmungen ausgebreitet. Die Befestigung der einzelnen Schläuche am Darm wird dadurch erhöht, daß dieselben sich fingerartig verästeln. Diese fingerartige Verzweigung der in der Darmkrümmung liegenden Pankreasstränge ist bei allen Knochenfischen vorhanden, nur mit dem Unterschied, daß dieselbe bei allen denjenigen Arten, deren Darm eine allmähliche Krümmung aufweist, wie bei den Pleuronectiden (Fig. 11 und 12), stärker ausgebildet ist, als bei denjenigen, deren Darm eine Art Duodenalschlinge aufweist, z. B. bei den Gadiden (Fig. 7 bis Fig. 10). Die einzelnen Zweige selbst sind in ihren Endpunkten mit der äußeren Schicht des Darmrohres verwachsen und zwar in einer dorsalen und ventralen Linie am Darm. Durch diese Art der Anordnung läßt sich oft, besonders bei denjenigen Arten, deren Darm allmählich gekrümmt ist, auf der ventralen wie auf der dorsalen Seite eine in einer Ebene liegende, fächerartige Ausbreitung von Pankreassträngen konstatieren. Diese beiderseitigen Schichten verflechten sich dann in ihrem weiteren Verlauf zu einem dichten Fadennetz, das wohl auch dazu dienen mag, die einzelnen Teile des Darmrohres in ihrer gegenseitigen Lage zueinander zu erhalten. Auch bei den mit einer Duodenalschlinge versehenen Arten tritt die fächerartige Ausbreitung der Stränge hervor, wenn auch nicht immer so charakteristisch, zumal dort eine sofortige Durchflechtung der einzelnen Fäden stattfindet.

Charakteristisch für das ganze Pankreas der Knochenfische ist auch die enge Verbindung des Blutgefäßsystems mit dem Pankreasgewebe. Jedes kleinste Blutgefäß im Mesenterium ist von einer weißlichgrauen, zunächst als Fett erscheinenden Pankreasscheide umgeben, ein Umstand, der leicht durch mikroskopische Betrachtung eines feinen, diffusen Fadenkomplexes zu erkennen ist. Einen Pankreasstrang ohne Gefäßeinlagerung habe ich nie bei meinen Untersuchungen finden können. Besonders reichlich ist die

Vena porta und ihre Verzweigungen von Pankreasgewebe umhüllt, was auch schon Laguesse für das Pankreas der Forelle hervorgehoben hat.

Man könnte versucht sein, aus der scheinbar gegenseitigen Abhängigkeit dieser beiden Organe den Schluß zu ziehen, daß das Blutgefäßsystem bestimmend auf die Ausbreitung der Drüse am Darm einwirkt.

Doch ist auch sicherlich den Appendices eine gewisse Bedeutung in dieser Hinsicht nicht abzusprechen; denn zahlreiche Appendices bewirken durch die von ihnen gebildeten Zwischenräume eine ganz andere Ausbreitung der Drüse am Darm als eine geringere Zahl.

Auch Legouis betont die Bedeutung der Blutgefäße und Appendices für die Ausbreitung des Pankreas am Darm, glaubt aber den Pförtneranhängen auf Grund seiner Beobachtungen noch einen weiteren bedeutungsvollen Einfluß auf die Masse des Pankreas zugestehen zu müssen. Bei vergleichender Betrachtung des Pankreas von *Scomber scombrus* und *Caranx trachurus* hatte er nämlich gefunden, daß die hinsichtlich ihrer Lage miteinander übereinstimmenden Drüsen in ihren Größenverhältnissen völlig von einander abwichen. Da nun *Scomber* mit weniger Pankreas mehr als 100 Pförtneranhänge und *Caranx* mit viel Pankreas nur 5 Pförtneranhänge besitzt, so schließt denn Legouis, daß die Anzahl der Appendices von Einfluß auf die Menge der Bauchspeicheldrüse sein müsse, woraus weiter geschlossen werden könne, daß sich beide Organe in ihrer physiologischen Funktion unterstützen würden. Daß letzteres nicht der Fall sein kann, geht schon aus der Struktur der Appendices hervor. Es sind diese Gebilde Ausstülpungen des Dünndarmes, die den Zweck haben, eine Oberflächenvergrößerung des Darmrohres herbeizuführen. Sie stimmen also in ihrem Bau mit dem Dünndarm überein, unterscheiden sich aber völlig von dem der Bauchspeicheldrüse. Auch ist überhaupt eine Abhängigkeit der Größe des Pankreas von der Anzahl der Appendices nicht vorhanden, wie sie Legouis konstatierte. Die Appendices geben durch ihr mehr oder weniger reichliches Auftreten nur der Drüse geringeren oder größeren Raum zur Ausbreitung, so daß viele Appendices dünne Stränge und umgekehrt wenig Appendices dickere Stränge bedingen. In einem Fall ist also die Drüse nur feiner verteilt, während sie im anderen Fall mehr in kompakten Strängen auftritt und so den Anschein einer weit größeren Masse hervorruft.

Vergleichende Betrachtungen über das Pankreas der höheren Wirbeltiere und das der Knochenfische müssen aber die Frage nahe legen, warum gerade bei den Fischen eine so weitgehende, immer mit dem Blutgefäßsystem verbundene Ausbreitung der Drüsen stattfindet.

Man könnte versucht sein, darin den anatomischen Ausdruck einer weiteren physiologischen Funktion zu erblicken, wie Legouis andeutungsweise hervorhebt. Doch sind das alles nur weitgehende Spekulationen, die um so weniger eine Aufklärung dieser eigenartigen Verhältnisse geben können, da sie durch die a priori hineingelegten Zweckgedanken alle weiteren Untersuchungen beeinflussen müssen.

Wahrscheinlich ist die Ausbreitung der nach Laguesse ursprünglich kompakten Drüse nur durch irgend welche ganz nebensächlichen, äußeren Einflüsse bedingt, und kann nur in der Klarlegung dieser speziellen Einflüsse des Rätsels Lösung gefunden werden.

Die Brockmannschen Körper, die Brockmann, wie schon bemerkt, zuerst sah und auf Grund ihrer Drüsenstruktur als Pankreas ansprach, sind kleine, helle, rundliche Gebilde, die oft auf der Gallenblase und in der Nähe der Einmündungsstelle des ductus choledochus in den Darm gefunden werden. Legouis, der diese Gebilde ebenfalls gesehen hatte, definierte sie als lymphatische Gewebe. Daß diese Körper intertubuläre Zellhaufen sind, ist eine Entdeckung, die erst in den Jahren 1895 bis 1898 von Diamare und Massari gemacht wurde, und die ich an den von mir untersuchten Fischen bestätigen kann.

Entsprechend der weit ausgebreiteten Drüse ist auch das Ausführungssystem ziemlich groß und stark verästelt. Wie ich oben anführte, hatte bereits Weber am Tractus intestinalis des Karpfens ein System von Kanälen gesehen, deren Natur und Bedeutung ihm allerdings völlig unverständlich war. Auch von Cl. Bernard waren diese Kanäle bei anderen Arten, wenn auch nur als einzelne, bald wieder verschwindende Teile erkannt worden, aber auch dieser Autor fand keine rechte Erklärung für seine Entdeckung. Es ist sicher das Hauptverdienst von Legouis diese Kanäle auch an allen von ihm untersuchten Fischen gefunden und ihre Identität mit den Ausführgängen des Pankreas nachgewiesen zu haben. Es münden alle diese Gänge in der Nähe oder genau am ductus choledochus in den Darm, sodaß sie oft einen einzigen, mit dem Gallengang verschmolzenen Kanal vortäuschen können.

Diese bei den meisten Arten nur mit schwacher Vergrößerung wahrnehmbaren Ausführgänge sollen nach Legouis bei einer kleinen Anzahl von Fischen, wie beim Karpfen, Steinbutt, Makrele und der Seezunge unter gewissen speziellen Einflüssen, die er zwar nicht näher erörtert, einen lebhaften Silberglanz annehmen und dadurch leicht zu verfolgen sein.

Ich habe im Gegensatz zu Legouis nie Silberglanz an den Kanälen konstatieren können, auch immer erst durch mikroskopische Untersuchungen das Vorhandensein der Kanäle nachweisen können.

Legouis hatte mit Hülfe von Injektionen den Verlauf der Kanäle nachgewiesen und dabei eine stark gefärbte Injektionsmasse benutzt; doch hatte er von seinen Injektionen nicht den erwarteten Erfolg. Er habe, so berichtet er, bei einer für ein derartiges Experiment ziemlich günstigen Spezies, nämlich der Makrele, 60 Exemplare in dieser Weise injeziert, ehe er überhaupt zu einem Resultat gelangt sei, und auch dann noch hätten jene Resultate in keiner Weise seine Erwartungen befriedigt.

Meine Versuche, die ich in dieser Hinsicht mit Injektionsmassen angestellt habe, haben mir nicht die geringsten Resultate gebracht.

Den Mißerfolg dieser Versuche kann ich mir nur dadurch erklären, daß jene die Kanäle umhüllenden Pankreasgewebe ein Eindringen der Injektionsmassen überhaupt nicht wahrnehmen lassen, ja daß dieses meist noch durch die in den sehr feinen Kanälen angehäuften Sekretmassen verhindert wird. Ich habe daher bei allen meinen späteren Untersuchungen die Injektionsmethoden bei Seite gelassen, zumal ja die von Legouis erhaltenen Resultate kaum zu derartigen Untersuchungen anspornen konnten und mich darauf beschränkt, an Schnitten die Anzahl der Pankreasausführgänge bei jeder Spezies nachzuweisen. Wie jene Kanäle weiter verlaufen, wie sie sich verästeln, wie von denjenigen Stellen, die reichliches Pankreasgewebe aufweisen, die Kanäle verlaufen, bis sie zum Hauptausführgang gelangen, das können auch speziell anatomische Studien bei der fast überall gleichmäßigen Stärke der diffusen Stränge und ihrer gegenseitigen Durchflechtung nicht nachweisen; hier können meiner Meinung nach nur entwicklungsgeschichtliche Studien den erwünschten Aufschluß geben, wie sie bereits an der Forelle von Laguesse ausgeführt worden sind. So kann denn auch im speziell morphologischen Teil nur darauf hingewiesen werden, wo Pankreasgewebe an den einzelnen Teilen des Darmrohres mehr oder weniger reichlich auftritt, wie es äußerlich durch andere Gewebsstränge mit einander verbunden und durchflochten wird; auf welchem Wege aber seine Sekretionsprodukte bis zum Intestinum gelangen, diese Frage muß unberücksichtigt bleiben.

## Spezielle Morphologie des Pankreas der Knochenfische.

Die von mir untersuchten Arten gehören den in der Kieler Bucht am häufigsten vorkommenden Familien an. Es sind die *Perciden* mit *Perca fluviatilis,* die *Cataphracten* mit *Cottus scorpius,* die *Gobiiden* mit *Gobius niger,* die *Blenniiden* mit *Zoarces viviparus,* die *Gasterosteiden* mit *Gasterosteus aculeatus,* die *Scomberesociden* mit *Belone vulgaris,* die *Gadiden* mit *Gadus morrhua* und *Gadus merlangus,* die *Pleuronectiden* mit *Pleuronectes platessa, Pleuronectes flesus, Pleuronectes limanda,* die *Salmoniden* mit *Salmo trutta,* die *Clupeiden* mit *Clupea harengus* und endlich die *Muraeniden* mit *Angnilla vulgaris.* Der Darmtraktus der Fische, die ich immer in lebendem Zustande erhielt, wurde entweder in Kleinenbergs Pikrinschwefelsäure oder auch in gesättigter Sublimatlösung fixiert und dann nach dreistündigem Verweilen in diesen Fixationsflüßigkeiten in Alkohol überführt, worin die einzelnen Stücke bis zur weiteren Verarbeitung verblieben.

### *Perca fluviatilis.* (Fig. 1.)

Die ersten Untersuchungen über ein Pankreas von *Perca fluviatilis* sind von Stannius und Brockmann ausgeführt worden. Nach ihren Angaben befindet sich dicht neben der Einmündungsstelle des Gallenganges ein ziemlich großes, deutlich vom umliegenden Gewebe geschiedenes, drüsenartiges Pankreas, dessen Ausführgang zwar nicht mit dem ductus choledochus verbunden, aber ganz in seiner Nähe in den Darm einmündet.

Diese Untersuchungen sind dann von Legouis weiter vervollständigt worden. Zunächst kann auch er die Bestätigung des Vorhandenseins jenes von Brockmann gefundenen Körpers geben, der mit undeutlichen Grenzen zwischen der Vena porta und dem Anfangsteil des Duodenums sich findet. Abweichend von den anderen Perciden konstatiert er bei *Perca fluviatilis* einen vollständigen Mangel an Pankreasgewebe an der Vena splenica, in deren Umgebung bei anderen Arten die häufigsten und meisten Anhäufungen von Pankreasgewebe zu finden sind, wie es auch Cajetan im Gegensatz zu Legouis angiebt. Stärkere Pankreasstränge findet er dagegen an den appendiciellen Blutgefäßen als dicke, breite, bandartige Lamellen, die sich an den drei Appendices pyloricae entlang ziehen und auch gut sichtbar mit dem von Brockmann beschriebenen Körper in Verbindung stehen und daher diesem eine so undeutliche Begrenzung verleihen. Das am mittleren Pylorusanhang entlanglaufende Blutgefäß sendet etliche ebenfalls mit Pankreasgewebe umgebene Verzweigungen nach dem Magen. Die größte Masse pankreatischer Substanz findet er an den beiden parallel dem Magen laufenden Appendices. Weitere Pankreasschläuche konstatiert er dann noch am Pylorus, der halsbandartig von einem Pankreasstrang umschlungen ist, und weiter an den Pfortaderästen bis in die Leber hinein.

Diese sehr genaue Beschreibung der Pankreasdrüse in allen ihren Teilen ist dann 1883 auch von Cajetan bestätigt worden.

Der genauen Verfolgung und auch Aufsuchung der einzelnen Pankreasschläuche werden zwar bei *Perca fluviatilis* ziemliche Schwierigkeiten in den Weg gesetzt und zwar dadurch, daß die am Darmtraktus auftretenden Fettmassen alle anderen Gewebe verhüllen. Fig. 1 gibt eine Abbildung des gesamten Darmrohres von *Perca fluviatilis* mit den Hauptsträngen der Pankreasdrüse; Nebenstränge der Drüse, besonders das disseminierte Pankreas, sind auch in den folgenden Abbildungen nicht angeführt, zumal sie ja als feines Netzwerk zwischen den größeren Strängen leicht aufzufinden sind.

An dem deutlich sichtbaren Pförtneranhang, genau neben dem Magenblindsack, sieht man einen Teil jener breiten, an den Rändern gelappten, lamellenartigen Pankreasschläuche. An dem oberen Teil dieses Pylorusanhanges, dort wo die Gallenblase ihn in seinem weiteren Teile verdeckt, erkennt man auch die Verbindung mit denjenigen Teilschläuchen, die dem Duodenum zustreben, dann allerdings am Dünndarm durch Fettmassen verdeckt werden. Die beiden nach dem Ösophagus und Pylorus hinstrebenden Schläuche auf dem Magen stehen mit denjenigen in Verbindung, die den Gallengang zwischen Magen und Duodenum umgeben.

Der etwas seitlich vom ductus choledochus gelegene Brockmannsche Körper ist in der Figur verdeckt. Daß derselbe durch einen Ausführgang mit dem Intestinum verbunden sei, wie Brockmann berichtet, kann ich nicht bestätigen. Auf den durch diesen Körper angefertigten Schnitten habe ich nie Spuren eines Ausführganges gefunden.

Was nun schließlich noch die Ausführgänge der Drüse anlangt, so berichten sowohl Stannius wie Legouis, daß sie mehrere Einmündungsstellen von Kanälen in der Darmwand konstatiert haben. Demgegenüber kann ich nur das Vorhandensein eines Ausführganges bestätigen, der in unmittelbarer Nähe des ductus choledochus in den Darm mündet.

## *Cottus scorpius.* (Fig. 2.)

Eingehendere Angaben über das Pankreas dieses Fisches liegen nicht vor, mit Ausnahme derjenigen von Brockmann und Stannius, die aber nur auf das Vorhandensein der kleinen drüsigen Körper am Gallengang und an der Milz hinweisen und deren Lage beschreiben. Sie berichten in ihrem Befund, daß sich in der Nähe der Leber ein weißlicher, runder, drüsenartiger Körper befinde, der die Größe eines kleinen Getreidekornes besitze und in den Mesenterien eingebettet sei. Der Körper sei lappig, habe Drüsenstruktur und sei mit dem Anfangsteil des Dünndarmes durch einen kurzen Ausführgang verbunden. Beim Zusammenpressen desselben fließe eine Flüssigkeit von milchiger Farbe in den Darm. Der Körper ist nach ihrer Meinung Pankreasgewebe. Bezüglich des zweiten Körpers an der Milz (Fig. 2) begnügen sie sich darauf hinzuweisen, daß dieser Körper ähnlich gebaut sei wie der erstere, auch Drüsenstruktur besitze, aber keinen Ausführgang aufweise.

Hinsichtlich der Lage dieser beiden intertubulären Zellhaufen stimmen meine Befunde völlig mit denen Brockmanns überein. Ausführgänge, wie sie aber von Brockmann wenigstens für den am Gallengang gelegenen Körper konstatiert werden, habe ich nicht gefunden. Es sei, um andauernden Wiederholungen vorzubeugen, bereits hier bemerkt, daß auch bei allen anderen von mir untersuchten Fischen solche Ableitungskanäle dieser Körper, wie sie von Brockmann und auch Legouis beschrieben werden, fehlen, ein Umstand, der für intertubuläre Zellhaufen im Pankreas höherer Wirbeltiere eine bekannte Tatsache ist. Es ist nur anzunehmen, daß sich jene Autoren durch die äußeren Verhältnisse haben täuschen lassen. Der Pankreasausführgang und die ihn zusammensetzenden kleineren Gänge sind sowohl mit dem Gallengang als auch mit diesem Körper durch Bindegewebe und Pankreasgewebe verbunden. So mag wohl leicht bei einer nur makroskopischen Betrachtung dieser Verhältnisse der Anschein erweckt werden, als sei der Pankreasausführgang eine Art Ausführgang dieses Körpers. Bei denjenigen Körpern an der Milz oder Gallenblase, wo also Pankreasausführgänge nicht so sehr in Betracht kommen können, hatten auch jene Autoren richtig den Mangel eines Ausführganges hervorgeboben.

Die aus der Leber kommende, schon dort allseitig von Pankreasgewebe umgebene Vena porta zieht sich an jenem Körper an der Spitze der Milz vorbei, steht auch mit der Pankreashülle desselben in Verbindung, verliert sich aber dann in Verzweigungen nach dem Magenblindsack, nach den neun Appendices und dem Duodenum, die alle vom Pankreasgewebe muffartig umgeben werden (Fig. 2). Auf dem Magenblindsack findet eine weitere Verzweigung nach dem Pylorus und Ösophagus statt. Einzelne Stränge gehen nach der Gallenblase und begleiten den ductus choledochus bis zum Intestinum.

An Schnitten durch den Gallengang und seine Umgebung fand ich, wie auch schon Brockmann angiebt, einen mit demselben durch Bindegewebe verbundenen, aber nicht mit ihm verschmolzenen Pankreasausführgang, der sich kurz vor seiner Einmündung in den Darm aus mehreren kleineren Gängen zusammensetzt.

## *Gobius niger.* (Fig. 3.)

Bei seinen anatomisch-histologischen Untersuchungen über Fische und Reptilien hatte Leydig (1853) auch die weiß-grauen Scheiden der Blutgefässe am Darmtraktus des *Gobius niger* erkannt, in denen er bei mikroskopischer Untersuchung einen dichten, körnigen Inhalt vorfand. Stannius hatte derartige Scheiden als Lymphsäcke gedeutet; seinem Beispiel folgt auch Leydig. — Bestimmte Angaben über das Pankreas von *Gobius niger,* denn als solches sind jene „Lymphsäcke" aufzufassen, liegen bisher noch nicht vor.

Der Darmtraktus dieses Fisches ist u-förmig gekrümmt (Fig. 3) und wird von der Ventralseite von einer ziemlich großen Leber bedeckt. Appendices pyloricae sind nicht vorhanden. So ist denn das ganze Pankreas in jener u-förmigen Krümmung des Darmrohres als feines Fadengeflecht dorsal wie ventral angehäuft. Die ventralen und dorsalen Pankreasstränge gehen mehr oder weniger an der Milz ineinander über, sodaß dieselbe fast vollständig seitlich von Pankreasgewebe umgeben ist. Einzelne größere Stränge ziehen sich nach der Gallenblase und dem Gallengang, der bis zu seiner Einmündungsstelle in den Darm von Pankreasgewebe umgeben ist. Andere Schläuche gehen nach dem Magen, der, wie es z. B. Fig. 3 zeigt, an seinem unteren Teile von einem solchen Schlauch umschlungen wird, von dem dann weitere Abzweigungen sowohl nach dem Pylorus als auch nach dem Ösophagus sich erstrecken. Das Pankreasgewebe ist am Darm selbst bis zum Enddarm zu verfolgen.

Hinsichtlich der Brockmannschen Körper könnte es zunächst erscheinen, als ob derartige Gebilde bei *Gobius niger* nicht vorhanden seien. Jene hellen, rötlichen, drüsigen Komplexe, wie man sie z. B. sehr typisch im Pankreas von *Cottus scorpius* antrifft, die auch schon sofort durch ihre kompaktere Gestalt die Aufmerksamkeit des Beobachters erregen, sind bei *Gobius niger* nicht anzutreffen. Schnitte, die durch die einzelnen Teile des Pankreas angefertigt wurden, erwiesen jedoch auch hier die Existenz eines wenn auch kleinen Brockmannschen Körpers. Derselbe liegt in der Nähe des ductus choledochus und ist durch ihn umhüllendes Pankreasgewebe und Bindegewebe mit demselben verbunden. In Folge dieser Umhüllungen und seiner geringen Größe entgeht er dem nur makroskopisch Suchenden vollkommen. Weitere solcher Körper schienen nicht vorhanden zu sein.

Der auch hier erst kurz vor seiner Einmündung in den Darm aus mehreren sich zusammensetzende Ausführgang des Pankreas mündet in der Nähe des Gallenganges.



MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE LIBRARY

### *Zoarces viviparus.* (Fig. 4.)

Da der Darm dieses Fisches nur drei kleine, rudimentäre Appendices aufweist, so findet man auch hier die Hauptmasse des Pankreasgewebes in der vom Dünndarm gebildeten Krümmung und zwar, da keine Duodenalschlinge vorhanden ist, als eine sowohl dorsal wie ventral sehr schön fächerförmig ausgebreitete Gewebeschicht (Fig 4). Beide Schichten bilden ein starkes Flechtwerk von Pankreasfäden, die, zum Teil miteinander vereinigt, dem oberen Teil des Dünndarmes zustreben, den sie zwischen Pylorus und den rudimentären Appendices in einem ziemlich starken Bande überschreiten, um dann den sehr kurzen Gallengang zu umhüllen, der zwischen den warzenförmigen Appendices in das Intestinum mündet.

Am Grunde der Gallenblase, die zwischen Leber und Magenblindsack liegt, läuft eine dünne Pankreaslamelle dem Intestinum zu. Abzweigungen von den Pankreassträngen in der Dünndarmkrümmung nach dem Magen sind, wie bei all den bisher beschriebenen Fischen, auch bei *Zoarces* zu konstatieren.

Seitlich des Gallenganges, in geringer Entfernung vom Darmrohr, liegt der Brockmannsche Körper.

Der einzige von mir gefundene Ausführgang der Drüse ist mit dem Gallengang verbunden, aber nicht mit ihm verschmolzen.

### *Gasterosteus aculeatus.*

Auch bei *Gasterosteus* bedürfen die Verhältnisse des Pankreas einer weiteren Aufklärung. Zwar berichtet schon Cajetan, daß sich am Duodenum eine derbe Masse Pankreas befinde, die an der Leber beginne und im Gebiet der Venen bis zum Duodenum hinabsteige, aber nähere Angaben, im besonderen über Ausführgänge und Brockmannsche Körper, sind nicht vorhanden.

Meine Befunde, die die Angaben Cajetans bestätigen, erhielt ich aus Schnitten durch den ganzen Darmtraktus von *Gasterosteus*. Der Darm verläuft in fast gerader Richtung durch den Körper. Die Gallenblase befindet sich zwischen Leber und Magen, die Milz an dem Übergang vom Magen zum Dünndarm.

Zwischen der ziemlich umfangreichen Leber und dem Magen, genau am Lebergewebe beginnt das Pankreas und zwar als kleiner, dünner Schlauch, der sich an der Leber hinabzieht; schon nach kurzem Verlauf tritt neben diesem ein zweiter auf. Beide nehmen dann allmählich an Stärke zu, dringen auch hier und da in die Oberflächenschicht der Leber ein, ohne jedoch mit dieser zu verschmelzen, bis sie sich schließlich völlig von der Leber loslösen. Sie halten sich dann in ihrem weiteren Verlauf zwischen Leber und Gallenblase, die auch mit Pankreasgewebe überzogen wird, wenigstens an dem Teile, der der Leber zugewandt ist. Dann vermehrt sich die Anzahl der Schläuche, kleinere treten neu auf, gehen aber meist schon nach kurzem Verlauf in größere über.

Von den drei Hauptsträngen, die man unterscheiden kann, verlaufen nur zwei auch am Dünndarm entlang, der dritte nimmt bereits vorher an Stärke ab, bis er endlich vollständig verschwindet.

Der auch bei *Gasterosteus* nur einfach vorhandene Brockmannsche Körper liegt zwischen Gallenblase und Milz und ist auch schon bei makroskopischer Betrachtung als solcher zu erkennen.

Der einzige Pankreasausführgang, der zu konstatieren war, geht genau am Intestinum in den Gallengang über und mit diesem zusammen in das Darmrohr. Beide Gänge waren in ihrem unteren Teile nicht mehr vom Pankreasgewebe umgeben.

### *Belone vulgaris.* (Fig. 5.)

*Belone* ist bereits von Brockmann-Stannius und Legouis eingehenderen Untersuchungen unterzogen worden, so daß ich mich hauptsächlich darauf beschränken kann, hier die Befunde jener Autoren anzuführen und zu bestätigen.

Brockmann fand neben dem Gallengang einen kleinen Pankreasausführgang, der sich reichlich verzweigt und an den Enden grau-weißes Drüsengewebe erkennen läßt. Die Hauptmasse des Pankreas konstatierte er zwischen Intestinum und Milz, wo er auch einen grau-weißen drüsenartigen Körper vorfand, der keinen Ausführgang erkennen ließ, ein Gebilde, das bei näherer Untersuchung die Struktur der intertubulären Zellhaufen aufweist.

Die Befunde von Brockmann wurden dann von Legouis bestätigt und ergänzt. Ganz in der Nähe des ductus choledochus fand er zwei getrennte, ungleichgroße Öffnungen, die größere in der Gestalt

einer blasenartigen Einstülpung, an derem Grunde mehrere Kanäle zu münden schienen. Um den Gallengang, dort wo sich derselbe plötzlich mit einem scharfen Knick dem Darmrohr zuwendet, sah er einen ringförmigen Körper, der nach seiner Meinung bei voll entwickelten Tieren eine Anhäufung kleiner weißgrauer Brockmannscher Körper sei.

Betreffs der weiteren Verteilung der Drüse schließt er sich Brockmann an. Drüsengewebe beschreibt er an der Milz, an der Gallenblase, am Intestinum entlang bis zum Enddarm.

Hinsichtlich der zahlreichen Weberschen Gänge konstatiert Legouis bei *Belone* oft einen silberähnlichen, perlmutterfarbenen Glanz, nach seiner Meinung hier vielleicht eine Folge einer engen Beziehung zur Lymphe, ein Umstand, den ich übrigens bei den von mir untersuchten Individuen nicht gefunden habe.

So kann ich denn nur zur Ergänzung der vorliegenden Angaben eine Figur vom Gesamttraktus dieses Fisches hinzufügen (Fig. 5), die besonders die Lagerung der Drüse am Dünndarm entlang klar hervortreten läßt. Beide Stränge zeigen am Dünndarm an zwei Stellen eine brückenartige Verbindung.

## *Gadus morrhua.* (Fig. 6 und 7.)

Die Hauptmenge der Pankreasschläuche liegt bei diesem Fisch zwischen den hier sehr zahlreichen Appendices, (Fig. 6). Die einzelnen Stränge, die die Pförtneranhänge fast zu einem einzigen Organ untereinander verbinden, ziehen dem ductus choledochus zu, der an diesen Anhängen in den Darm mündet. Eine weitere, leicht in die Augen fallende Stelle mit zahlreichen Pankreassträngen ist die Duodenalschlinge, deren Hauptstränge vom Pylorus bis zum Enddarm zu verfolgen sind. Alle diese Stränge sind miteinander wie auch mit den Pankreasschläuchen an den Appendices durch dünne Fäden verbunden. Auch der hier besonders stark ausgebildete Magenblindsack zeigt wie schon bei allen bisher angeführten Spezies in seinem oberen wie unteren Teil etliche Abzweigungen von Pankreasschläuchen.

Die Existenz jener beiden Brockmann'schen Körper am Gallengang und an der Gallenblase, deren Lage auch bereits von Brockmann beschrieben wird, kann ich bestätigen. Die Pankreashülle des letzteren ist übrigens sowohl mit dem Pankreas am Duodenum wie auch am Magen durch feine Fädchen verbunden.

Über die Anzahl der Ausführgänge der Drüse ist Brockmann nicht sicher, er berichtet von ein oder zwei kleinen Eindrücken neben der Mündung des Gallenganges. Ich habe im Gegensatz dazu einen ziemlich großen Ausführgang dicht neben dem ductus choledochus konstatieren können.

## *Gadus merlangus.* (Fig. 8 und 9.)

Entsprechend der großen Übereinstimmung im Bau des Darmrohres dieses Tieres mit *Gadus morrhua* (Fig. 8) ist auch eine große Übereinstimmung in der Lage der Drüse zu erwarten, ein Umstand, der schon von Legouis hervorgehoben wird.

Die auch hier sehr zahlreichen Appendices sind wie bei *Gadus morrhua* durch die einzelnen Pankreasschläuche zu einer festen, zusammenhängenden Masse verbunden. Ihre Zwischenräume untereinander sind neben dem Duodenum der Hauptsitz des Pankreasgewebes. Vom Gallengang aus, der ebenfalls an den Pförtneranhängen in den Darm mündet, kommen sowohl die Stränge zwischen den Appendices als auch die am Duodenum entlang, beide wieder durch feinere Fädchen miteinander verbunden (Fig. 9). Analog wie bei *Gadus morrhua* sind Abzweigungen der Pankreasschläuche nach dem Magenblindsack zu konstatieren.

Ein Brockmann'scher Körper befindet sich am Grunde der Gallenblase, wenn auch nicht so groß wie bei *Gadus morrhua* und zur Seite des Gallenganges kurz vor seiner Einmündung in das Intestinum.

Der Pankreasausführgang scheint in seinem unteren Teile mit dem Gallengang verschmolzen zu sein, entgegen den Verhältnissen bei *Gadus morrhua,* wo beide nebeneinander aber getrennt in den Darm münden.

## *Pleuronectiden.* (Fig. 10 und 11.)

*Pleuronectes platessa, Pleuronectes flesus* und *Pleuronectes limanda* zeigen hinsichtlich der Lage des Pankreas eine so vollständige Übereinstimmung, daß, um Wiederholungen zu vermeiden, die Verhältnisse bei allen drei Spezies zugleich berücksichtigt werden können.

Analog wie bei den Gadiden konstatierte auch Brockmann bei *Pleuronectes platessa* am Gallengang und am Grunde der Gallenblase je ein drüsenartiges Gebilde, jene sogenannten Brockmann'schen Körper. Den Gallengang selbst fand er flaschenförmig erweitert und in zwei ungleiche Teile geteilt, von denen der engere eine grüne Flüssigkeit enthielt, der andere aber, der erweiterte Pankreasausführgang, mit dünnen Wänden versehen war.

Legouis setzte die Untersuchungen Brockmann's fort. Während letzterer nur für den Körper am Gallengang einen eigenen Ausführgang konstatiert hatte, ist Legouis auch überzeugt, daß jener an der Gallenblase einen solchen silberglänzenden Ableitungskanal besitze. Hinsichtlich des Körpers am Gallengang berichtet er, daß er an Stelle des einen größeren drei kleinere gesehen habe, der primäre und größere in der Mitte, die beiden anderen zu jeder Seite. Ich habe drei solcher Körper nie gefunden, weiß auch keine Erklärung für Legouis Beobachtung zu geben.

Der Körper am Grunde der Gallenblase ist nach seiner Meinung die Hauptmasse des sichtbaren Pankreas; er ist durch eine dünne Membran, die die eine Seite der Gallenblase überzieht, mit dem Brockmann'schen Körper am Gallengang verbunden. Bis zu diesem Punkte sei auch der Ausführgang dieser Hauptmasse zu verfolgen.

Der Weber'schen Ampulle, jener flaschenförmigen Erweiterung am Ende des Pankreasganges glaubt er die Bedeutung eines Aufspeicherungsorganes des Pankreassaftes zuschreiben zu müssen, wenn auch nach seiner Ansicht dieses Organ 6—8 mal so viel Saft speichern könne, als jener Körper an der Gallenblase hervorzubringen imstande sei, wenn er die Hauptmasse der ganzen Drüse repräsentiere. Warum Legouis zwar nur die Brockmann'schen Körper in dieser Hinsicht berücksichtigt hat, trotzdem er doch die überaus weite Ausbreitung der Drüse in diffuser Form kannte, ist nicht zu verstehen. Sicherlich hätte er bei Berücksichtigung dieser Verhältnisse eingesehen, daß ein derartiges Mißverhältnis zwischen diesem sogenannten Aufsammlungsorgan des Drüsensaftes und der Drüse selbst nicht besteht. Trotzdem aber scheint mir durchaus nicht erwiesen, daß die Funktion dieser Ampulle darin bestehe, den Pankreassaft aufzusammeln. Ich habe an dieser übrigens auch nur bei einer geringen Anzahl von Fischarten vorhandenen Ampulle niemals Vorrichtungen bemerken können, die ein weiteres Hinausfließen des Pankreassaftes in kleineren Mengen verhindern würden, ja auch nie größere Mengen eines solchen Saftes in diesem Organe gefunden.

Die ganze Pankreasdrüse ist fächerartig dorsal wie ventral an dem schraubenförmig gewundenen Darm (Fig. 10 und 11) ausgespannt, so daß die Milz fast vollständig vom Pankreas umschlossen wird. Eine Verbindung dieser Schläuche mit dem Gallengang durch Pankreasstränge ist bei allen drei Arten zu konstatieren; der Gallengang, der zwischen den rudimentären Appendices in den Darm mündet und auch der Pankreasgang ist wenigstens bis zur Ampulle mit Pankreasgewebe umgeben. Weitere Abzweigungen finden sich nach dem hier wenig ausgebildeten Magen, dessen unterer Teil z. B. halsbandartig von einem sich weiter verästelnden Pankreasstrang umzogen wird, und nach der Leber hin, die wie bei allen anderen Fischen mehr oder weniger von Pankreassträngen durchsetzt wird.

Die Pankreashüllen der Brockmann'schen Körper am Gallengang und an der Gallenblase stehen untereinander in Verbindung und zwar durch dünne Pankreasfädchen; dieselben laufen zunächst an der Gallenblase eine Strecke entlang, gehen aber nicht bis zum Gallengang und an demselben weiter, sondern ziehen sich direkt nach dem zweiten Brockmann'schen Körper am ductus choledochus hinunter.

Außer jener Ampulle waren keine besonderen Ausführgänge in den Darm zu konstatieren.

### *Salmo trutta.* (Fig. 12. und 13.)

Die Lagenverhältnisse der Bauchspeicheldrüse von *Salmo trutta* werden natürlich in den Hauptzügen vollständig mit den der anderen bisher untersuchten Salmoniden übereinstimmen, dennoch sei hier die Bestätigung dafür geliefert.

Der Darmtraktus ist schraubenartig gewunden und mit zahlreichen Appendices versehen, die aber hier nicht ringförmig am Pylorus, sondern reihenförmig am Dünndarm entlang angeordnet sind. Die Appendices werden durch die sie umgebenden Pankreasstränge und das Mesenterium zu einem festen Körper verbunden, analog wie bei den Gadiden. Vom Grunde des Gallenganges an den ersten Appendices, erstreckt sich Pankreasgewebe bis zur Gallenblase und von dort mit einigen Verzweigungen in die Leber hinein,

ferner nach dem Magen und in zwei Strängen an beiden Seiten des Dünndarmes entlang bis zum Enddarm (Fig. 12 und 13). Die am Dünndarm entlang laufenden Stränge stehen mit denen zwischen den einzelnen Appendices und denen an der Gallenblase in Verbindung.

Brockmannsche Körper habe ich bei diesem Fisch trotz meines eifrigen Suchens danach makroskopisch wie histologisch nicht auffinden können. Dennoch zweifele ich nicht, daß diese Gebilde auch diesem Fisch in mehr oder weniger großer Anzahl zukommen werden, vielleicht aber derartig klein sind, daß man sie nur äußerst schwer zu konstatieren vermag.

Der Pankreasausführgang mündet neben dem Gallengang, durch eine Scheidewand von diesem getrennt, in den Dünndarm. Eine Ampulle, wie sie Brockmann z. B. bei *Salmo salar* konstatiert, konnte ich nicht erkennen.

### *Clupea harengus.*

Reichliche Fettablagerungen am Darm erschweren das Verfolgen der einzelnen Pankreasstränge beim Hering außerordentlich. Legouis, der selbst keine Untersuchungen ausgeführt hat, verweist nur auf die Angabe Brockmanns, daß nämlich nicht weit vom Gallengang, zwischen Duodenum und dem pylorischen Teil des Ventriculums, ein kleines, drüsenartiges Organ vorhanden sei, das mit dem Intestinum in Verbindung stehe. Weitere Angaben liegen nicht vor.

Der Gallengang beschreibt kurz vor seiner Einmündung in den Darm an den ersten Appendices einen größeren Bogen, unterhalb dessen, nahe am Dünndarm, sich der Brockmannsche Körper befindet, der aber auch hier entgegen den Angaben Brockmanns nicht mit dem Darm durch einen Ausführgang in Verbindung steht.

Von dem am Gallengange, aber getrennt von ihm in den Dünndarm mündenden Pankreasausführgang erstrecken sich Pankreasstränge nach den Appendices, die sie zu einer festen Masse untereinander verbinden, ferner nach dem Magen, nach dem Schwimmblasengang, dann aber auch am Dünndarm entlang bis zum Enddarm. Die Pankreasstränge an den Appendices wie am Dünndarm stehen miteinander in Verbindung.

### *Anguilla vulgaris.*

Vom Aal habe ich nur ein Exemplar untersucht. Ich kann daher hier nur die Befunde der älteren Autoren angeben, von deren Richtigkeit ich mich überzeugt habe.

Cajetan fand, daß das Pankreas in seiner Hauptmasse zwischen der Gallenblase und dem Magen liege und in drei Streifen am Darm entlang laufe und dabei allmählich an Größe abnehme. „Der eine ende zwischen Darm und Magen, der andere erstrecke sich im Gebiet der Mesenterialvenen bis zum Anus, der dritte endlich, der dünnste, begleite die von der Schwimmblase und Milz kommende Vene.“ Die Ausführgänge des Pankreas fand er gesondert auf einem in der Nähe des Pylorus befindlichen Schleimhautwulste enden.

Hinsichtlich der Brockmannschen Körper sind bei *Anguilla vulgaris* eingehendere Untersuchungen von Massari und Diamare ausgeführt worden, die dort auch zunächst nachwiesen, daß jene Körper mit den bis dahin nur im Pankreas der höheren Wirbeltiere bekannten intertubulären Zellhaufen identisch seien.

Diese also bei allen Fischen immer in so mannigfaltiger Anordnung und Ausbreitung auftretende, fein verzweigte Drüse soll nun im folgenden auf ihre histologischen Verhältnisse untersucht und damit auch ihre Identität mit dem Pankreas der höheren Wirbeltiere nachgewiesen werden.

---

## Histologie des Pankreas der Knochenfische.

Der Darmtraktus der von mir untersuchten Fische wurde entweder in Kleinenbergs Pikrin-Schwefelsäure (drei Stunden, dann Auswaschen je 24 Stunden in 70, 80 und 90%igem Alkohol) oder auch in konzentrierter Sublimatlösung (3 Stunden, dann Auswaschen je 24 Stunden in mit einigen Tropfen Jodlösung gemischtem 70, 80 und 90%igem Alkohol) fixiert.

Gute Färbungsresultate erhielt ich mit Böhmerschem Hämatoxylin und einer Nachfärbung in einem Gemisch von Pikrinsäure und Orange G-Lösung (1 Teil gesättigte Pikrinsäurelösung und 1 Teil gesättigte Orange G-Lösung gemischt mit 6 Teilen Wasser). Die Schnitte wurden 2 Minuten in Böhmerschem Hämatoxylin gefärbt, 10—30 Minuten in Brunnenwasser ausgewaschen, dann 1—2 Sekunden in der Mischung von Pikrinsäure und Orange G belassen, 1 Minute in Alkohol absolutus ausgewaschen und durch Xylol in Canadabalsam überführt. Im besonderen ließ diese Färbung sehr schön die feine Kernstruktur und die Verhältnisse in den intertubulären Zellhaufen erkennen. Um Zymogenkörner, speziell aber centroacinäre Zellen gut sichtbar zu machen, verwandte ich Hämalaun-Eosin (2 Minuten in Hämalaun nach P. Mayer, Auswaschen in Wasser, dann 3 Minuten in 3 bis 5 fach verdünnter 1%iger wässeriger Eosinlösung, Auswaschen in Wasser) mit Nachfärbung in Safranin (24 Stunden, dann Auswaschen in Alkohol absolutus) oder Methylgrün (10 Minuten, dann Auswaschen mit Wasser).

## Die Pankreaszelle.

Die Pankreaszelle der Fische hat eine unregelmäßige Gestalt und zwar ist die dem Lumen zugekehrte Seite schmaler als die periphere, sodaß die Zelle gewissermaßen die Gestalt eines Keiles erhält. Die charakteristische Differenzierung der Pankreaszelle der höheren Wirbeltiere in eine homogene Außenzone und eine feinkörnige Innenzone tritt auch in der Pankreaszelle aller Fische, z. B. nach einer Färbung mit Hämatoxylin, Pikrinsäure-Orange G, klar zu Tage. Die Grenze dieser beiden Zonen ist auch hier natürlich keine scharfe, es gehen vielmehr beide mehr oder weniger allmählich ineinander über.

Das Protoplasma der Pankreaszelle höherer Wirbeltiere wird nach Angaben der Autoren von einem feinen Gerüstwerk durchzogen. Nach Untersuchungen Ver Eckes 1895 (Angaben nach Oppel III p. 749) ist dieses Gerüstwerk ein Maschenwerk feiner Fädchen. Er berichtet, daß das Gerüstwerk in der Innenzone weiter sei, die Zymogenkörnchen umschließe und sehr häufig als Granulation erscheine; in der Außenzone sei es dagegen sehr eng, bilde aber am distalen Zellrande wieder weitere Maschen. Ferner finde in der Außenzone auch nur eine Kreuzung der Fädchen statt, innen seien dieselben dagegen zu einem Netzwerk verbunden.

Dem gegenüber erkennen andere Autoren nur eine Längsstreifung in der Außenzone, wieder andere fassen jene Streifung „als Reihen feinster Körnchen“ auf.

Ich habe in der Pankreaszelle der von mir untersuchten Fische nur bei *Cottus scorpius* (Fig 14) und bei *Gasterosteus aculeatus* (Fig. 15) eine feine Streifung in der Außenzone erkannt. Die Schnitte waren 2—3 $\mu$ dick und mit Hämatoxylin-Eosin gefärbt. Die Streifung erschien als eine Längsstreifung. Die einzelnen Fäden lagen dicht nebeneinander, waren aber nicht sehr deutlich zu erkennen.

Eberth und Müller (1892) konnten eine äußere Fädchenzone in der Pankreaszelle des Hechtes nicht feststellen. Laguesse berichtet aber, daß er sie bei Fischen des öfteren, wenn auch nur in geringer Ausbildung angetroffen habe.

Auf Grund meiner Befunde und der Angaben von Laguesse möchte ich glauben, daß auch in der Pankreaszelle der Fische durchgängig wenn auch weniger deutlich eine Streifung in der Außenzone vorhanden ist.

In der Innenzone der Zelle war auch bei *Salmo trutta* (Fig 22) ein deutliches Maschenwerk feiner Fädchen vorhanden. Die einzelnen Maschen, in denen die Zymogenkörnchen liegen, zeigten eine mehr oder weniger rundliche Gestalt.

Die Pankreaszellen aller Fische zeigten im übrigen eine vollständige Übereinstimmung untereinander, mit Ausnahme derjenigen von *Belone vulgaris*. Das Protoplasma dieser Pankreaszellen erschien weniger klar. Die ebenfalls in Pikrinsalpetersäure fixierten und in Hämatoxylin-Eosin gefärbten Zellen zeigten einen schmutzigen Farbton.

Die in den Maschen in der Innenzone gelegenen Zymogenkörnchen waren von verschiedener Größe untereinander. Mathews („The changes in strukture of the pancreas cell“, Referat im zoologischen Jahresbericht für 1900) fand in der Nähe des Drüsenlumens kleinere Granula, eine Tatsache, die ich an der Hand meines Materiales nicht zu bestätigen vermag.

Der Zellkern des Fischpankreas ist rundlich, meist oval. Mehrkernige Zellen sah ich nie. Dagegen sind nach Angaben Pischingers (1895) von Laguesse (1894) und Robin (1876) mehrkernige Zellen manchmal, ja von Legouis (1872—73) oft konstatiert worden, allerdings bei anderen nicht von mir untersuchten Arten.

Im Inneren des Kernes, der eine deutliche Kernmembran erkennen läßt, liegen bei allen Spezies ein, bei *Cottus scorpius* des öfteren auch zwei Kernkörperchen. Sind zwei solcher Nucleolen vorhanden, so ist häufig dasjenige, das in der Mitte des Kernes liegt, etwas größer. Nicht selten waren aber auch beide Kernkörperchen von derselben Größe. In der Pankreaszelle des Hechtes ist nach Angaben von Eberth und Müller nur ein Nucleolus zu finden.

Diese Nucleolen senden bei *Cottus, Zoarces, Gasterosteus, Salmo* und den anderen Arten allseitig feine Fädchen in die Kernsubstanz hinein, wo sie sich weiter verzweigen, auch ineinander übergehen und so ein feines Kerngerüst bilden. Dort wo sie mit dem Nucleolus verschmelzen, weisen diese Fädchen eine Verdickung auf, so daß der Nucleolus oft sternförmig ausgerandet erscheint (Fig. 16, 17, 18). Ob diese Fädchen in die Kernmembran übergehen, oder ob sie in kleinen Anschwellungen kurz vor derselben enden, war nicht genau zu erkennen.

Bei *Cottus scorpius,* noch deutlicher und stärker aber bei *Zoarces viviparus* (Fig. 16 und 18) legt sich manchmal um den Nucleolus des Drüsenzellkernes ein dicker Ring einer dunkel gefärbten Substanz. Der im Inneren dieses Ringes gelegene Teil des Nucleolus ist heller gefärbt als es bei anderen Nucleolen der Fall ist. Der Ring ist wie die Kernmembran und das Kerngerüst gefärbt (bei einer Färbung mit Hämatoxylin-Eosin-Methylgrün) und bildet wie Fig. 18 zeigt fast die Hälfte der Substanz des Nucleolus.

Wenn man zu diesen Befunden einige Angaben Ogatas (1883) über das Pankreas höherer Wirbeltiere in Betracht zieht, so scheint auch bei diesen ein mit dunkelem Rande versehener Nucleolus, wie ich ihn im Fischpankreas gefunden habe, vorhanden zu sein. Ogata fand (nach Oppel III p. 751), daß der Pankreaszellkern von feinen, zarten Linien durchzogen werde, in deren Zwischenräumen 1—2—6—8 und mehr Kernkörperchen lagen. Er sah, daß ein Nucleolus in der Regel sich mit Eosin, die anderen mit Hämatoxylin färbten. Daneben gewahrte er, daß der erstere manchmal eine Art Membran besitze, die sich mit Hämatoxylin färbe, auch daß derselbe größer als die anderen sei. Ogata nannte ihn Plasmosoma, die anderen Karyosoma.

Ob jene Plasmosomen und die mit dunkelem Saum versehenen Nucleolen der Fischpankreaszelle miteinander identisch sind, vermag ich allerdings nicht zu entscheiden.

Mitosen, wie sie von einigen Autoren für das Pankreas der höheren Wirbeltiere konstatiert wurden, sind von Eberth und Müller für das Pankreas des Hechtes nicht beschrieben worden. Auch Kernknospen oder Fragmentierung haben sie nicht gesehen, dagegen glauben sie in einigen Fällen (beim Salamander) eine direkte Kernteilung gefunden zu haben. In Bezug auf die von mir untersuchten Fische kann ich die Angaben von Eberth und Müller bestätigen.

Ferner wird in der Pankreaszelle ein sogenannter Nebenkern oder Paranukleus beschrieben. Er ist (Oppel III p. 753—761) von wechselnder Gestalt, bald halbmondförmig, auch stäbchen-, halbring-, oder ringförmig, ja selbst kugelig und kann einfach aber auch mehrfach sein. Mit Eosin oder Hämatoxylin sei er besonders gut färbbar. Hinsichtlich seiner Entstehung halten ihn manche für das ausgewanderte Plasmosoma, andere für eine Abschnürung der chromatischen Substanz der Kernes, wieder andere für Parasiten. Mathews (Zoologischer Jahresbericht für 1900) berichtet sogar, daß der Nebenkern aus einer Verknäuelung der protoplasmatischen Fäden entstände, ab und zu aber auch Parasiten den Eindruck eines Nebenkernes hervorrufen könnten.

Auch hinsichtlich seiner Bedeutung gehen die Meinungen auseinander. Einige sprechen ihm überhaupt jegliche Bedeutung ab, andere glauben, daß die ihn zusammensetzenden Fibrillen die Zymogenkörnchen bilden u. s. f.

Eberth und Müller haben einen Nebenkern im Pankreas des Hechtes gesehen, und zwar halten sie denselben für verquollene Protoplasmafäden.

Laguesse (1893 und 1894) wies einen Nebenkern im Pankreas der Forelle nach. Er sah denselben kurz vor dem Ausschlüpfen dieses Tieres als Sichel am äußeren Kernrande auftreten, wie er glaubt durch

Auswandern eines Kernkörperchens. In seiner Arbeit aus dem Jahre 1894 deutet er sie als Vakuolen, die dadurch entstehen, daß die Zymogenkörner sich in Flemmingscher Lösung auflösen.

Ich habe trotz aller von den Autoren angegebenen Fixations- und Färbungsmethoden niemals in der Pankreaszelle der untersuchten Fische einen Nebenkern, noch eine Phase seiner Entstehung erkennen können.

## Intertubuläre Zellhaufen.

Nicht mit Unrecht hat Pischinger die intertubulären Zellhaufen als das Rätsel des Pankreas bezeichnet. Gerade hinsichtlich der Bedeutung dieser Gebilde herrscht die größte Unklarheit. Diese Zellhaufen, die im Pankreas aller höheren Wirbeltiere gefunden wurden, sind dann auch von Diamare (1895) bei *Muraenidae* und auch von Massari (1898) bei *Anguilla vulgaris* nachgewiesen worden (Angaben nach Oppel III p. 800—814). Diamare zeigte dann (1899) die Identität jener von Brockmann und Stannius im Pankreas der Knochenfische gefundenen, drüsigen Körper, der Brockmannschen Körper, mit den intertubulären Zellhaufen und zwar für *Lophius, Anguilla, Conger, Congruomuraena, Sfaegebranchus, Orthagoriscus molae, Rhombus laevis, Motella tricirrata.*

Für *Crenilabrus* wurden die intertubulären Zellhaufen von Laguesse (1895) nachgewiesen (Oppel III p. 800—814).

Nach Angaben Diamares (Oppel III p. 800—814) sind die intertubulären Zellhaufen aus kleinsten Elementen zusammengesetzte Körper, die von zahlreichen Blutgefäßen durchzogen werden, und zwar sind sie im diffusen Pankreas immer groß, im kompakten dagegen immer klein. Um den Körper konstatiert er eine sekundär gebildete Kapsel, so daß derselbe vollständig vom Pankreasgewebe isoliert ist, beide also auch nicht ineinander übergehen können. Die Bildung einer Art Drüsenschläuche in diesen Zellhaufen hat er nicht erkennen können.

Hinsichlich der Entstehung dieser in der Bauchhöhle der Knochenfische an genau konstanten Stellen vorkommenden Gebilde ist er der Ansicht, daß dieselben epitheliale, vom Pankreas abstammende Körper mit interner Sekretion sind.

Dunkle und helle Zellstränge, die er in den intertubulären Zellhaufen dieser Knochenfische und auch Massari speziell für *Anguilla vulgaris* unterscheidet, hält er nicht für verschiedene Elemente.

Diese bereits sehr ausführlichen Untersuchungen der beiden italienischen Autoren vermag ich auf Grund meiner Untersuchungen zu bestätigen.

Die Identität der Brockmannschen Körper und intertubulären Zellhaufen war auch bei den von mir untersuchten Fischen eine durchgehende. Besonders groß ausgebildet zeigten sich diese Zellhaufen bei den Gadiden, Pleuronectiden und bei *Cottus.* Der kugelförmige Gewebekomplex ist von einer feinen Bindegewebsschicht umgeben, an die sich nach außen eine dünne Schicht Pankreasgewebe anschließt. Die einzelnen Elemente der Zellhaufen zeigen eine weit geringere Färbbarkeit als das übrige Pankreasgewebe. Einen Unterschied in ihrer Färbbarkeit untereinander, wie er z. B. von Diamare und Massari festgestellt wurde, war nicht vorhanden. In Übereinstimmung mit Diamare aber kann auch ich für die untersuchten Fische bestätigen, daß die Zellen nicht in Schläuchen wie bei anderen Drüsen angeordnet sind, vielmehr unregelmäßig zusammenliegen und von Blutgefäßen umgeben sind. Eine genaue Abgrenzung der Zellen war nicht vorhanden, sodaß es wohl zunächst erscheinen mag, als seien nur einzelne Kerne in einer etwas helleren, homogenen Grundsubstanz eingelagert (Fig. 19 und 20). Eine Streifung oder Körnelung, ebenso wie eine Differenzierung in eine Außen- und Innenzone war nicht zu erkennen.

Die Gestalt der Kerne war oval; in ihrer Größe glichen sie meist den Drüsenzellkernen. Die die Pankreaszellkerne färbenden Substanzen zeigten sich weniger aktiv für diese Kerne. Eine Kernmembran war an allen deutlich zu unterscheiden. In den Kernen fanden sich meist ein bis zwei Nucleolen mit feinen Fädchenausstrahlungen. Neben diesen Nucleolen waren eine Anzahl kleiner, ebenfalls mit Hämatoxylin blau gefärbter Körnchen zu erkennen, die an den einzelnen Fäden des Kerngerüstes als runde Klümpchen angelagert waren. Nucleolen waren fast immer vorhanden.

Ein Lumen oder die Spur eines Ausführganges war, wie schon oben hervorgehoben wurde, bei keinem intertubulären Zellhaufen anzutreffen.

Die Bedeutung dieser intertubulären Zellhaufen ist bis heute noch nicht aufgeklärt, es bestehen darüber die verschiedensten Theorien (nach Oppel III, p. 800—814).

Etliche Autoren, die Übergänge von intertubulären Zellhaufen zum Pankreas gesehen zu haben glauben, halten dieselben für Drüsenabschnitte, die bei der Sekretion erschöpft sind und sich allmählich durch eine reichlichere Blutzufuhr erholen. Lewaschew (1886) sucht diese Theorie sogar durch physiologische Versuche zu bestätigen; er konstatiert nämlich, daß bei einer Reizung der Drüse die intertubulären Zellhaufen größer werden und auch Übergänge auftreten.

Diese Theorie hat noch immer ihre Anhänger, trotzdem bereits von Bizzozero und Vassale (1887) für das Pankreas des Meerschweinchenembryos und von Laguesse für das Pankreas eines neugeborenen Kindes gut entwickelte intertubuläre Zellhaufen nachgewiesen worden sind, und zwar nach Laguesse beim Fötus in weit reichlicherem Maße als beim Erwachsenen. Auf Grund dieser Untersuchungen glaubt Laguesse, daß die intertubulären Zellhaufen gebildet würden, um besonders beim Fötus neues Pankreasgewebe zu liefern. Eine „secrétion interne" bei diesen Gebilden hält er trotzdem für möglich.

Diese Ansicht von einer internen Sekretion vertritt auch Jarotzky, nach dessen Meinung „die intertubulären Zellhaufen besondere Substanzen ausscheiden, die ein chemisches Entwicklungsstadium des Fermentes darstellen, oder Substanzen, deren die Zellen selbst benötigen, damit in ihnen das Ferment zur Entwicklung gelangen könne" (Oppel III, p. 811). Die Ansicht, daß die Zellhaufen typische Drüsen mit innerer Sekretion seien, wird auch von Diamare vertreten.

Andere Autoren, wie Harris und Gow (1899) fanden, daß die Zellhaufen bei der Sekretion kleiner werden und schließen daraus, daß die intertubulären Zellhaufen das eine oder andere Ferment des Pankreassaftes bilden.

Gianelli (1899) hält diese Zellhaufen dagegen für rudimentäre Gebilde.

Zieht man die Verhältnisse bei den Knochenfischen in Betracht, so leuchtet ein, daß die mit einer Bindegewebskapsel versehenen auch genau lokalisierten intertubulären Zellhaufen niemals vorübergehend modifizierte Teile der Bauchspeicheldrüse sein können und infolgedessen auch niemals Übergänge von diesen Zellhaufen zum typischen Pankreas vorkommen können.

Aber auch für die Theorie von einer internen Sekretion in diesen Gebilden scheinen die Verhältnisse bei den Fischen nicht sonderlich zu sprechen. Die an bestimmten Stellen auftretenden intertubulären Zellhaufen sind nur sehr kleine Gebilde im Hinblick auf die Masse des Pankreasgewebes, sie liegen ferner z. B. bei Gadiden und Pleuronectiden in geringer Entfernung voneinander und zwar an einer Stelle, wo verhältnismäßig wenig Pankreasgewebe vorhanden ist. Daß nun diese kleinen, nur von wenig Pankreasgewebe umgebenen, völlig abgeschlossenen Körper Substanzen ausscheiden, die gewissermaßen Profermente sind oder gar erst Fermentbildung in den zum Teil weit abgelegenen Pankreassträngen bedingen, scheint wenig einleuchtend zu sein. Doch vermögen vielleicht gerade die Knochenfische mit ihrem diffusen Pankreas und den schon äußerlich sich scharf davon sondernden intertubulären Zellhaufen Aufklärung über die Bedeutung dieser Gebilde zu geben, und behalte ich mir vor, einige diesbezügliche Angaben später zu veröffentlichen.

## Ausführgänge des Pankreas.

Das Pankreas der Knochenfische ist eine verzweigt tubulöse Drüse. Ein zentrales Lumen in den einzelnen Schläuchen war bei allen Fischen nur selten zu konstatieren, meist lagen die Zellen fast vollständig zusammen. Feine, kleinste Kanäle, die von dem Lumen oder Endgang in die Drüsenzellen hineingehen oder dieselben allseitig umschließen, waren nicht zu erkennen.

Mit centroacinären Zellen versehene Ausführgänge waren in dem Pankreas sämtlicher untersuchter Fische in großer Zahl vorhanden.

Die nach Pischinger als Stütze für die kleinen Ausführgänge dienenden centroacinären Zellen besitzen spindelförmige Gestalt, sodaß sie mit 2 Fortsätzen versehen zu sein scheinen. Mit ihrer Längsachse liegen sie genau wie bei höheren Wirbeltieren in der Richtung des Ganges. Bei *Salmo trutta* schienen sie, ohne deutlichen Protoplasmaleib, dem unteren Teil der Drüsenzelle aufgelagert zu sein, bei *Cottus scorpius* zeigten

sie sich dagegen im Gang und mit deutlichem Protoplasmaleib (Fig. 22 und 23). Der Protoplasmaleib war völlig homogen, ohne Körnelung oder Strichelung.

Der Zellkern der centroacinären Zellen ist bei allen Fischen elliptisch ohne irgend welche Ausrandungen und von einer deutlichen Kernmembran umgeben. Im Inneren des Kernes liegen ein oder zwei größere Nucleolen, von denen allseitig feine Gerüstfäden ausgehen. Außer diesen Nucleolen, die übrigens nie die Größe von Drüsenkernkörperchen erreichten, fanden sich eine Anzahl kleiner, ebenso gefärbter Körperchen an den Gerüstfäden in den Zellkernen (Fig. 24).

Mit der Größe der Ausführgänge wächst die Zahl der centroacinären Zellen. Die spindelförmige Gestalt der Zellen schwindet, auch nehmen die Zellen an Größe zu und verbinden sich zu einer zusammenhängenden Zellschicht (Fig. 26). Führt man einen Querschnitt durch einen derartigen Gang, so zeigt sich derselbe mit kubischem Epithel ausgekleidet (Fig. 25). Die centroacinären Zellen gehen also in Gangepithel über.

Mit der Größenzunahme der Ausführgänge findet auch eine Streckung der sie auskleidenden Epithelzellen statt, deren Gestalt schließlich völlig zylindrisch wird (Fig. 27 und 28). Sobald die centroacinären Zellen zu einer Zellschicht zusammengewachsen sind, beginnt auch eine die Gangzellen ringförmig umschließende Bindegewebsschicht sich auszubilden, die an Umfang mit der Größe des Ganges zunimmt. Zweischichtiges Epithel habe ich in den Pankreasausführgängen der untersuchten Fische nicht gesehen.

Der in jedem Schlauch neben einem Blutgefäß auftretende, größere Ausführgang ließ häufig Sekretmassen aber nie geformte Bestandteile erkennen.

Die dem Lumen zugekehrten Enden der Epithelzellen zeigten in den größeren Gängen bei allen Fischen eine hellere Färbung wie die Schleimpfropfzellen des Darmes, nur nicht so stark ausgebildet. Außer diesen Epithelzellen konnte ich bei *Pleuronectes flesus* und auch bei *Cottus scorpius* eine andere Art Zellen unterscheiden. Dieselben lagen als hellere Gebilde an dem basalen oder mittleren Teil der Zylinderzellen. Sie waren oft größer und besonders auch breiter als die Zylinderzellen, ließen aber nur selten einen verschwommenen Inhalt erkennen. Eine Verbindung mit dem Lumen, wie sie die Becherzellen zeigen, war nicht zu erkennen. Auch Diamare scheint derartige Gebilde in den Ausführgängen des Pankreas der Fische gesehen zu haben. Er gibt in seiner Arbeit aus dem Jahre 1899 auf der zweiten Tafel Fig. 18 eine Abbildung, in der er ähnliche Gebilde als „cellule fucsinofile“ bezeichnet. Eine funktionelle Erklärung für diese übrigens nicht durchgängig bei allen Fischen gefundenen Zellen kann ich nicht geben.

Im Rückblick auf alle in diesem Abschnitt gefundenen Strukturverhältnisse des Pankreas der Knochenfische kann kein Zweifel über die Natur der in ihrer Form so eigenartigen Drüse der Fische bestehen. Um aber die völlige Identität zwischen dem Pankreas der Fische und dem der höheren Wirbeltiere nachzuweisen, bedarf es noch einer physiologischen Untersuchung, über deren Resultate ich im nächsten Abschnitt berichten werde.

## Physiologie des Pankreas der Knochenfische.

Bei der Ausführung der physiologischen Untersuchungen über das Pankreas, die ich im besonderen der gütigen Unterstützung des Herrn Dr. O. Herzog verdanke, habe ich gleichzeitig die Gelegenheit benutzt, im Verdauungstraktus auch einige andere Fermente nachzuweisen und sie auf ihre Natur zu untersuchen. Es können daher auch bezüglich der Physiologie der Verdauung bei den Fischen einige nicht uninteressante Beobachtungen hier angeführt werden.

Es wurde zu diesen Versuchen der Darmtraktus von *Gadus morrhua* benutzt, dessen einzelne Teile mit Glas verrieben und mit Wasser extrahiert wurden. Da neutraler wässeriger Auszug aus der Magenschleimhaut keine bemerkenswerten Wirkungen zeigte, wurde $^3/_{10}$ % Salzsäure zugesetzt. Die Extrakte, die wenig Chloroform und Toluol enthielten, blieben 1 bis 2 Tage bei Zimmertemperatur (20°) stehen und wurden dann filtriert.

Bei der Obduktion wurde die sauere oder alkalische Reaktion der einzelnen Teile des Darmrohres festgestellt. Während der leere Magen durch das in großer Menge vorhandene Mucin alkalische Reaktion

zeigte, war der mit Nahrung gefüllte Magen deutlich sauer. Eine zwar nur einmal ausgeführte Titration des Magensaftes (Phenolphtalein als Indikator) ergab eine Aciditität von circa 0,05 %. Das Sekret der Pylorusanhänge zeigte bereits deutlich schwach alkalische Reaktion, desgleichen der Pankreassaft.

Letzterer wurde dann auf seine Enzyme untersucht, wobei mit Sicherheit nachgewiesen werden konnte

1. ein proteolytisches,
2. ein fettspaltendes,
3. ein diastatisches Enzym.

Das proteolytische Enzym wurde nach Mett bestimmt. Der Nachweis eines fettspaltenden Fermentes wurde dadurch erbracht, daß 2 ccm Pankreatin und 1 ccm Olivenöl mit etwas Lakmustinktur gemischt wurden. Der Pankreassaft bewirkt eine Verseifung des Öles, wobei Fettsäuren frei werden, die dann die vorher blaue Mischung rot färben. Der Nachweis einer Überführung von Stärke in Zucker durch den Pankreassaft geschah durch Fehlingsche Lösung.

Da nach Angaben E. Yungs („Sur les fonctions du pancréas chez les Squales") die Milz bei den Squaliden, nach Schiff und Herzen auch beim Hund und beim Menschen die Wirksamkeit des proteolytischen Fermentes erhöht, so stellte ich eine Mischung von 2 ccm Pankreassaft und 2 ccm Milzextrakt her und bestimmte die Wirksamkeit dieser Mischung auf Eiweiß nach der Mett'schen Methode (Pawlow: Die Arbeit der Verdauungsdrüsen, 1892, pag. 31), ohne jedoch dabei wesentliche Veränderungen in der Wirksamkeit des Pankreatins feststellen zu können. Auch bei Zusatz von Lebersaft oder auch Galle konnten wesentliche Veränderungen nicht konstatiert werden. Das Gemisch von Pankreassaft und Galle oder Leber wurde in seiner Wirksamkeit durch Säuren erheblich geschwächt. Auch wurde nach Zusatz von Ascarissaft (Ascaris vom Schwein) der Pankreassaft unwirksam.

Leberextrakt und Milzextrakt zeigten an sich nur eine sehr schwache proteolytische Wirkung, Galle dagegen keine. Da Amygdalin durch Leberextrakt nicht gespalten wurde, ist anzunehmen, daß ein emulsinartiges Ferment in der Leber nicht vorhanden ist.

Hinsichtlich der Wirksamkeit des Pankreatins konnte festgestellt werden, daß bei 28° weit mehr Eiweiß verdaut wurde (Versuch nach Mett) als bei 19°.

Anschließend daran wurde das Optimum für einige andere Fermente der Fische bestimmt, zumal über diese Frage in der Literatur einige widersprechende Angaben vorliegen. Es ist eine bekannte Tatsache, daß das Optimum der Verdauung bei den Säugetieren bei einer Temperatur liegt, die der Körpertemperatur entspricht, also bei circa 37°—40°. Analog sollte man also glauben, daß das Optimum der Verdauung bei Kaltblütlern bei ungefähr 15°—20° läge, ein Umstand, der auch von vielen Autoren bestätigt wird, z. B. von Fick und Murisier für Frösche, Hechte und Forellen (nach Luchhau). Auch Hoppe-Seyler fand (nach Luchhau), daß die Magenschleimhaut des Hechtes am schnellsten das Eiweiß bei 20° verdaue, weniger schnell bei 15° oder 40°. Doch liegen von beiden Seiten genauere quantitative Angaben nicht vor.

Im Widerspruch zu diesen Angaben stehen auch die Befunde von Luchhau und Krukenberg, daß nämlich das Optimum des Pepsins nicht bei 20°, sondern bei 40° liege (Luchhau hatte die Magenschleimhaut vom Hecht, Zander, Lachs und Barsch untersucht).

Neuerdings behauptet Knauthe an der Hand quantitativer Untersuchungen, daß das Optimum des diastatischen Enzymes beim Karpfen bei 23° liege. Doch scheinen mir Knauthes Untersuchungen nicht ganz beweisend zu sein. Er findet in Bezug auf die Stärkeverdauung des Hepatopankreas vom Karpfen folgendes:

5 gr eines Hepatopankreasbreies liefern in 3 Stunden

| | | |
|---|---|---|
| bei 13°—14° C | 294 | mgr Zucker, |
| „ 14°—15° „ | 277 | „ „ |
| „ 22° „ | 714 | „ „ |
| „ 22°—23° „ | 556 | „ „ |
| „ 23° „ | 833 | „ „ |
| „ 24° „ | 455 | „ „ |

Die bei sehr naheliegenden Temperaturen dennoch sehr variabelen Mengen verdauter Stärke, besonders der starke Rückgang der Wirkung des Enzyms zwischen 23° und 24°, lassen Störungen vermuten,

die bei der Ausführung der Versuche eingetreten sind. Knauthe selbst fand, daß die verwendete Stärke nur 555 mg Zucker liefern konnte, daß also die übrige Zuckermenge im Filtrat durch den Glycogengehalt des Hepatopankreas oder durch eine teilweise Sacharification der Cellulose des Filters entstanden sein müsse. Aus den von Knauthe angegebenen Zahlen kann also unmöglich auf das Optimum des untersuchten Fermentes geschlossen werden.

Auch Yung (1898) berichtet, daß das Pepsin aus der Magenschleimhaut der Squaliden seine stärkste Wirkung bei einer Temperatur zwischen 10° und 20° aufweise.

Meine an der Magenschleimhaut des Dorsches ausgeführten Untersuchungen stimmen in ihrem Resultat mit den Beobachtungen Luchhaus überein.

Der Extrakt aus der Magenschleimhaut des Dorsches zeigte kräftige labende und peptische Wirkungen. Für das Lab wurde gefunden: Die Milch (5 ccm Milch + 3 ccm Lab) gerann bei

| Temperatur | nach Sekunden |
|---|---|
| 18,8 | 56 |
| 23,0 | 27 |
| 27,6 | 15 |
| 32,3 | 11 |
| 37,2 | 7 |

Aus diesen gefundenen Zahlen berechnen sich die folgenden Geschwindigkeiten:

| Temperatur | gefundene Geschwindigkeit | berechnete Geschwindigkeit |
|---|---|---|
| 18,8 | 1 | 1,3 |
| 23,0 | (2) | 2 |
| 27,6 | 3,7 | 3,2 |
| 32,3 | (5,1) | 5,1 |
| 37,2 | 8,0 | 8,2 |

wobei als Konstante A = 3951 gefunden wurde. Die in der dritten Kolumne angeführten Geschwindigkeiten sind nach der Formel von Van't Hoff-Arrhenius (Van't Hoff-Cohen: Studien zur chemischen Dynamik 1896 pag. 127) und zwar aus den mit einer () versehenen Werten berechnet worden.

Schon bei einer weiteren Temperaturerhöhung um wenige Grade zeigte sich eine bedeutende Abnahme in der Geschwindigkeit der Wirkung des Fermentes. Da nun auch berechnete und gefundene Werte keine bemerkenswerten Unterschiede aufweisen, so kann wohl mit Sicherheit aus diesen Zahlen geschlossen werden, daß das Optimum des Labfermentes bei 37°—40° wie bei höheren Wirbeltieren erreicht ist.

Auch das Zeitgesetz des Lab war erfüllt. Bei einer Temperatur von 37,2° wurden 5 ccm Milch zum Gerinnen gebracht durch eine

| Labmenge | nach Sekunden | Produkt Lab × Sek. |
|---|---|---|
| 5 ccm Labferment | 8 | 40 |
| 4 „ „ + 1 mm Wasser | 10 | 40 |
| 3 „ „ + 2 „ „ | 13 | 39 |
| 2 „ „ + 3 „ „ | 16 | 32 |
| 1 „ „ + 4 „ „ | 36 | 36 |

Das Optimum des Pepsins wurde nach Mett bestimmt. Es ergab sich auch hinsichtlich des Pepsins, daß mit steigender Temperatur bis zu 40° die Geschwindigkeit der Verdauung wächst:

| Temperatur | gefundene Geschwindigkeit | berechnete Geschwindigkeit |
|---|---|---|
| 19,2 | (0,6) | 0,6 |
| 25,3 | 1,0 | 1,0 |
| 28,4 | (1,1) | 1,1 |
| 35,5 | 1,6 | 1,4 |

wobei als Konstante A = 1460 gefunden wurde. Aus den mit einer () versehenen Werten wurde analog wie oben nach Van't Hoff-Arrhenius die 3. Kolumne berechnet. Man sieht also, daß auch das Pepsinoptimum bei 35°—37° liegt, offenbar also bei Kaltblütlern und Warmblütlern an derselben Stelle.

Aus dem Dünndarm konnte ein Extrakt gewonnen werden, der deutlich erypsinartige Wirkungen zeigte.

So kann denn als Ergebnis dieser Arbeit folgendes konstatiert werden:

1) Ein Pankreas, das sich in diffusen einzelnen Strängen im Mesenterium am Darm ausbreitet, ist auch bei *Perca fluviatilis, Cottus scorpius, Gobius niger, Zoarces viviparus, Gasterosteus aculeatus, Belone vulgaris, Gadus morrhua, Gadus merlangus, Pleuronectes platessa, Pleuronectes flesus, Pleuronectes limanda, Salmo trutta, Clupea harengus* und *Anguilla vulgaris* vorhanden.
2) Die von Brockmann als Pankreas gedeuteten und noch jetzt meist für das eigentliche, vollständige Pankreas der Fische angesehenen Körper sind, wie schon Diamare und Massari für *Anguilla, Conger, Congruomuraena, Sfaegebranchus, Orthagoriscus molae, Rhombus laevis, Motella tricirrata* nachgewiesen haben, typische, bei allen untersuchten Fischen an bestimmten Stellen gelegene und von einer Bindegewebeschicht umgebene intertubuläre Zellhaufen.
3) Histologisch stimmt das Pankreas der untersuchten Fische vollständig mit dem der höheren Wirbeltiere überein.
4) Auch in physiologischer Hinsicht zeigt das Pankreas völlige Übereinstimmung mit dem Pankreas höherer Wirbeltiere; es enthält wie dieses ein proteolytisches, fettspaltendes und diastatisches Enzym, wie denn überhaupt in den Stoffwechselvorgängen der untersuchten Fische und denen bei den Säugetieren keine wesentlichen Unterschiede festzustellen sind.

Möge denn wenigstens diese Arbeit dazu beitragen, die immer noch bestehenden unklaren Anschauungen über die Bauchspeicheldrüse der Knochenfische zu beseitigen und endgiltig klarzulegen, daß auch den Fischen ein wahres typisches Pankreas, wie es die höheren Wirbeltiere besitzen, zuzuerkennen ist.

# Literaturverzeichnis.


Alessandrini, Ant., Observations sur le pancréas des Poissons, extraites d'une lettre adressée aux rédacteurs, in: Ann. scienc. natur. T. 29 p. 193—194. 1831.

Biedermann, W. und Moritz, P., Beiträge zur vergl. Physiologie der Verdauung. III. Über die Funktion der sogen. „Leber" bei den Mollusken. Separat-Abdruck a. d. Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. 75.

Brockmann, De pancreate Piscium. Dissertatio. Rostochii 1846.

Cajetan, J., Ein Beitrag zur Lehre von der Anatomie und Physiologie des Tractus intestinalis der Fische. Inaug.-Diss. Bonn 1883.

Diamare, V., Studii comparativi sulle isole di Langerhans del pancreas, in: Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Phys. Bd. 16 p. 155—209. 1899.

Eberth, C. J. u. Müller, Kurt, Untersuchungen über das Pankreas, in: Ztschr. f. wiss. Zool. Suppl. Bd. 53 p. 112—135. 1892.

Fick und Murisier, Über das Magenferment kaltblütiger Tiere, in: Verhandl. d. Würzburger phys.-med. Gesellsch. N. F. Band IV. 1873.

Gamgee, Arthur, Chemie der Verdauung, Leipzig u. Wien 1897.

Halliburton, Lehrbuch d. chem. Physiol. u. Pathologie, Heidelberg 1893.

Heidenhain, R., Beiträge zur Kenntnis des Pankreas, in: Arch. f. d. ges. Physiologie. Bd. 10 p. 557—632. 1875.

„ Physiologie der Absonderungsvorgänge, in: Handbuch der Physiologie von L. Herrmann. Bd. 5. 1880.

Homburger, L., Zur Verdauung der Fische, in: Centralbl. f. d. mediz. Wiss. 1877 p. 561—562.

Hoppe-Seyler, F., Handbuch der Physiologie und Pathologie von Dr. Thierfelder. Berlin 1903.

Jarotzky, A. J., Über die Veränderungen in der Größe und im Bau der Pankreaszellen bei einigen Arten der Inanition, in: Arch. f. path. Anat. u. Phys. Bd. 156 Heft 3. 1899.

Knauthe, K., Über die Verdauung beim Karpfen, in: Fischerei-Zeitung I. Bd. Nr. 17 u. 18. 1898.

„ Untersuchungen über Verdauung und Stoffwechsel der Fische, in: Zeitschrift f. Fischerei. 1897.

Krause, Rudolf, Zur Histologie der Speicheldrüsen. Die Speicheldrüsen des Igels, in: Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 45. 1895.

Laguesse, E., Structure et développement du pancréas d'après les travaux récents, in: Journ. anat. et phys. Année 30, Nr. 5 u. 6. 1894.

„ Développement du pancréas chez les poissons osseux, in: Journ. de l'Anat. et de Physiol. Année 30. 1894.

„ Sur la structure du pancréas chez quelques Ophidiens et particulièrement sur les îlots endocrines, in: Arch. d'Anat. microscop. Tome IV. 1901.

Legouis, P., Recherches sur les tubes de Weber et sur le pancéras des poissons osseux, in: Annal. des sc. nat. Zool. T. 17, 18. 1873.

Lewaschew, S., Über die Bildung des Trypsin im Pankreas und über die Bedeutung der Bernardschen Körnchen in seinen Zellen, in: Pflügers Arch. Bd. 37. 1885.

„ Über eine eigentümliche Veränderung der Pankreaszellen warmblütiger Tiere bei starker Absonderungstätigkeit der Drüse, in: Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 26. 1886.

Leydig, F., Anatomisch-histologische Untersuchungen über Fische und Reptilien. Berlin 1853.

Luchhau, E., Vorläufige Mitteilung über die Magenverdauung einiger Fische, in: Centralbl. f. d. mediz. Wiss. 1877. p. 497—498.

„ Über die Magen- und Darmverdauung bei einigen Fischen. Inaug.-Diss. Königsberg. 1878.

Möbius und Heincke, Die Fische der Ostsee. Abdruck aus dem IV. Bericht der Kommission z. wissenschaftl. Untersuchung der deutschen Meere in Kiel. Berlin 1883.

Mouret, J., Contribution à l'étude des cellules glaudulaires (pancréas), in: Journ. de l'Anat. et de la phys. Année 31. 1895.

Oppel, Albert, Verdauungsapparat, in: Ergebn. d. Anat. u. Entwicklungsgesch. Bd. 7. 1897. Wiesbaden 1898.

„ Lehrbuch d. vergl. mikrosk. Anat. d. Wirbeltiere. III. Teil. Jena 1900.

Pawlow, Die Arbeit der Verdauungsdrüsen. 1892. p. 31.

Pischinger, Oskar, Beiträge zur Kenntnis des Pankreas. Inaug.-Diss. München. 1895.

Stannius, H., Über das Pankreas der Fische, in: Arch. f. Anat. 1848.

Stirling, W., On the ferments or enzyms of the digestive tract in Fishes, in: Journ. of Anat. and Physiol. Vol. 18. 1884.

Van 't Hoff-Cohen, Studien zur chemischen Dynamik. p. 127. 1896.

Yung, E., Sur les fonctions du pancréas chez les Sqnales.

„ De la digestion gastrique chez les Squales.

Zerner, Th., Ein Beitrag zur Theorie der Drüsensekretion, in: Wiener med. Jahrb. 1886.

Zoologischer Jahresbericht für 1900.

# Tafelerklärung.

Pankreas und die von demselben umschlossenen Blutgefäße sind rot, intertubuläre Zellhaufen blau gezeichnet. Das disseminierte Pankreas zwischen den hier angegebenen Hauptsträngen ist nicht in den Abbildungen ausgeführt worden.

Fig. 1. Darmtraktus von *Perca fluviatilis*.
*p* Pankreasschläuche; *f* Fett; *g* Gallenblase; *a* Appendices pyloricae.

Fig. 2. Darm von *Cottus scorpius*.
*p* Pankreasschläuche; *i* intertubulärer Zellhaufen; *a* Appendices pyloricae; *m* Milz.

Fig. 3. Darm von *Gobius niger*.
*p* Pankreas; *m* Milz.

Fig. 4. Darm von *Zoarces viviparus*.
*p* Pankreas; *f* Fett; *m* Milz; *l* Leber.

Fig. 5. Darm von *Belone vulgaris* von der Dorsalseite mit den an den Seiten entlang laufenden Pankreassträngen *p*.

Fig. 6. Darm von *Gadus morrhua*.
*p* Pankreas; *a* Appendices pyloricae; *m* Milz.

Fig. 7. Duodenalschlinge von *Gadus morrhua* mit den verzweigten Pankreasschläuchen *p*.

Fig. 8. Darm von *Gadus merlangus*.
*p* Pankreas; *i* intertubulärer Zellhaufen; *g* Gallenblase.

Fig. 9. Darm von *Gadus merlangus* nach Entfernung des Magens.
*p* Pankreas; *i* intertubulärer Zellhaufen; *a* Appendices pyloricae.

Fig. 10. Darm von *Pleuronectes flesus* in ventraler Ansicht.
*p* Pankreas.

Fig. 11. Darm von *Pleuronectes flesus* in dorsaler Ansicht.
*p* Pankreas.

Fig. 12. Darm von *Salmo trutta* in ventraler Ansicht } *p* Pankreas,
Fig. 13. Darm von *Salmo trutta* in dorsaler Ansicht } *m* Milz.

Fig. 14. Pankreaszelle von *Cottus scorpius* mit besonders in der Innenzone deutlich hervortretendem Fädchengeflecht.
Färbung: Hämatoxylin-Eosin.
Vergrößerung: 390 (Ölimmersion 2 mm, Oc. 0).

Fig. 15. Pankreaszelle von *Gasterosteus aculeatus* mit deutlichem Fädchengeflecht in der Innen- und Außenzone.
*n* Kern mit Nucleolus; *z* Zymogenkörnchen.
Färbung: Methylgrün-Eosin.
Vergrößerung: 705 (Leitz, Ölimmers. 2 mm, Oc. 3).

Fig. 16. Pankreaszellkern von *Cottus scorpius*.
*n* Nucleolus; *m* Kernmembran.
Färbung: Hämatoxylin-Eosin.
Vergrößerung: 1180 (Leitz, Ölimmers. 2 mm, Oc. V).

Fig. 17. Pankreaszellkern von *Zoarces viviparus*.
*n* Nucleolus; *m* Kernmembran.
Fixation: Pikrinsalpetersäure.
Färbung: Hämatoxylin-Eosin-Methylgrün.
Vergrößerung: 2250 (Leitz, Ölimmers. 2 mm, Oc. 18).

Fig. 18. Pankreaszellkern von *Zoarces viviparus*.
*n* Nucleolus mit einem dunklen Saum; *m* Kernmembran.
Fixation: Pikrinsalpetersäure.
Färbung: Hämatoxylin-Eosin-Methylgrün.
Vergrößerung: 1500 (Leitz, Ölimmers. 2 mm, Oc. 12).

Fig. 19. Schnitt durch den intertubulären Zellhaufen am Gallengang von *Cottus scorpius*.
*b* Bindegewebe; *s* Kerne mit darum liegendem undeutlich begrenzten Protoplasmaleib.
Fixation: Pikrinschwefelsäure.
Färbung: Alaun-Hämatoxylin-Pikrinsäure-Orange G.
Vergrößerung: 705 (Leitz, Ölimmers. 2 mm, Oc. III).

Fig. 20. Schnitt durch den intertubulären Zellhaufen an der Gallenblase von *Pleuronectes flesus*.
*b* Bindegewebe; *g* Blutgefäß; *s* Kerne.
Fixation: Sublimatlösung.
Färbung: Hämalaun-Eosin.
Vergrößerung: 705 (Leitz, Ölimmers. 2 mm, Oc. III).

Fig. 21. Schnitt durch einen Pankreasschlauch von *Gasterosteus aculeatus* in der Nähe der Leber.
*z* Zymogenkörnchen; *n* Kern; *l* Lumen; *g* Blutgefäß.

Fig. 22. Zwei Pankreaszellen und eine centroacinäre Zelle *(c)* von *Salmo trutta*.
*z* Zymogenkörnchen; *m* Maschen des Zellgerüstes; *n* Kern mit Nucleolus und Chromatinfäden.
Fixation: Pikrinsalpetersäure.
Färbung: Hämatoxylin-Eosin-Safranin.
Vergrößerung: 1500 (Leitz, Ölimmers. 2 mm, Oc. 12).

Fig. 23. Kleiner Pankreasausführgang von *Cottus scorpius*.
*k* Pankreaszellen mit Kern; *c* centroacinäre Zellen.
Fixation: Pikrinschwefelsäure.
Färbung: Alaun-Hämatoxylin-Pikrinsäure-Orange G.
Vergrößerung: 705 (Leitz, Ölimmers. 2 mm, Oc. 3).

Fig. 24. Kern einer centroacinären Zelle mit deutlichen Kernkörperchen.
Fixation: Pikrinsalpetersäure.
Färbung: Hämatoxylin-Eosin-Safranin.
Vergrößerung: 2250 (Leitz, Ölimmers. 2 mm, Oc. 18).

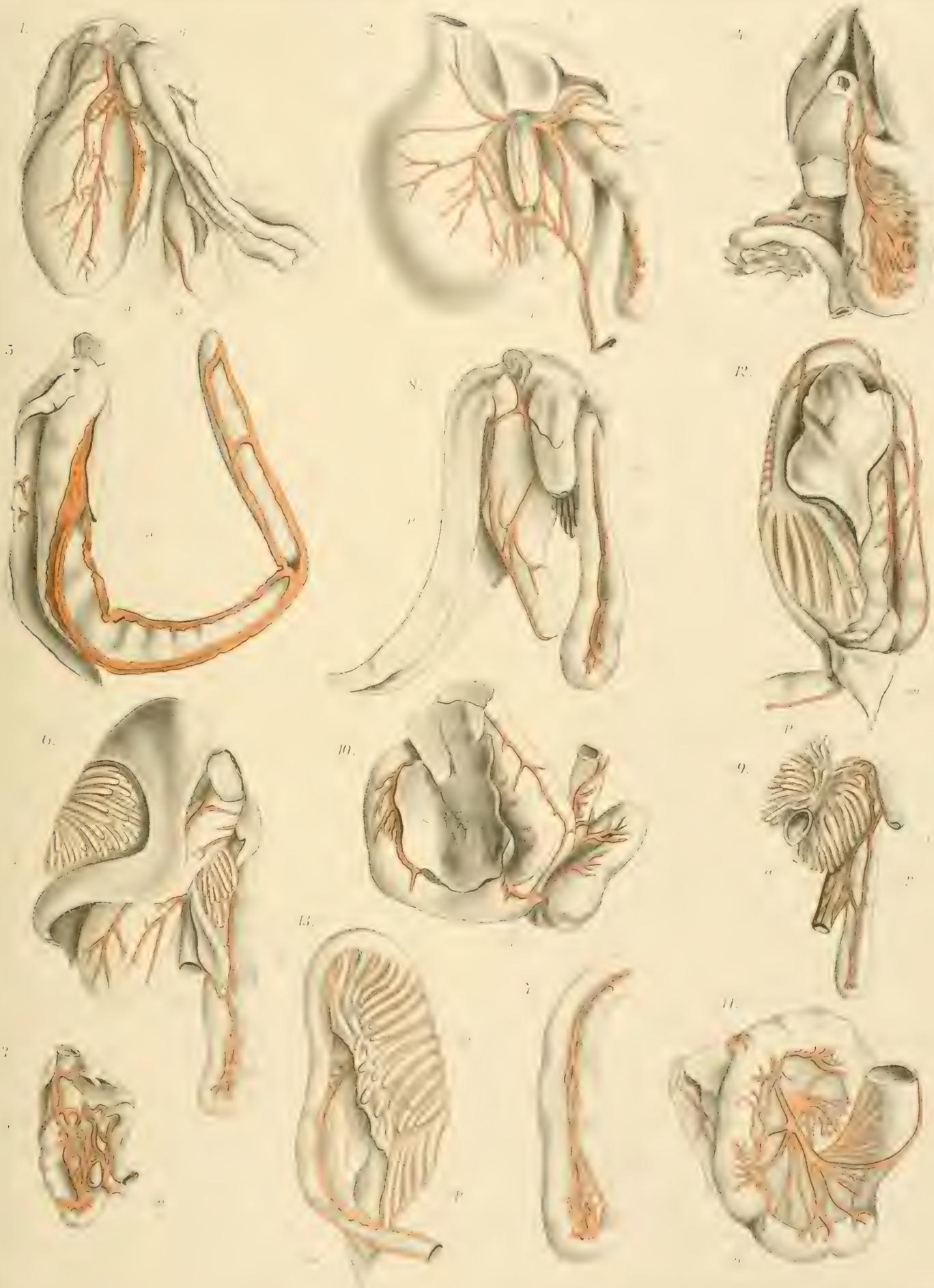
Fig. 25. Mittlerer Ausführgang des Pankreas von *Zoarces viviparus*. Bindegewebe um den Ausführgang fehlend.

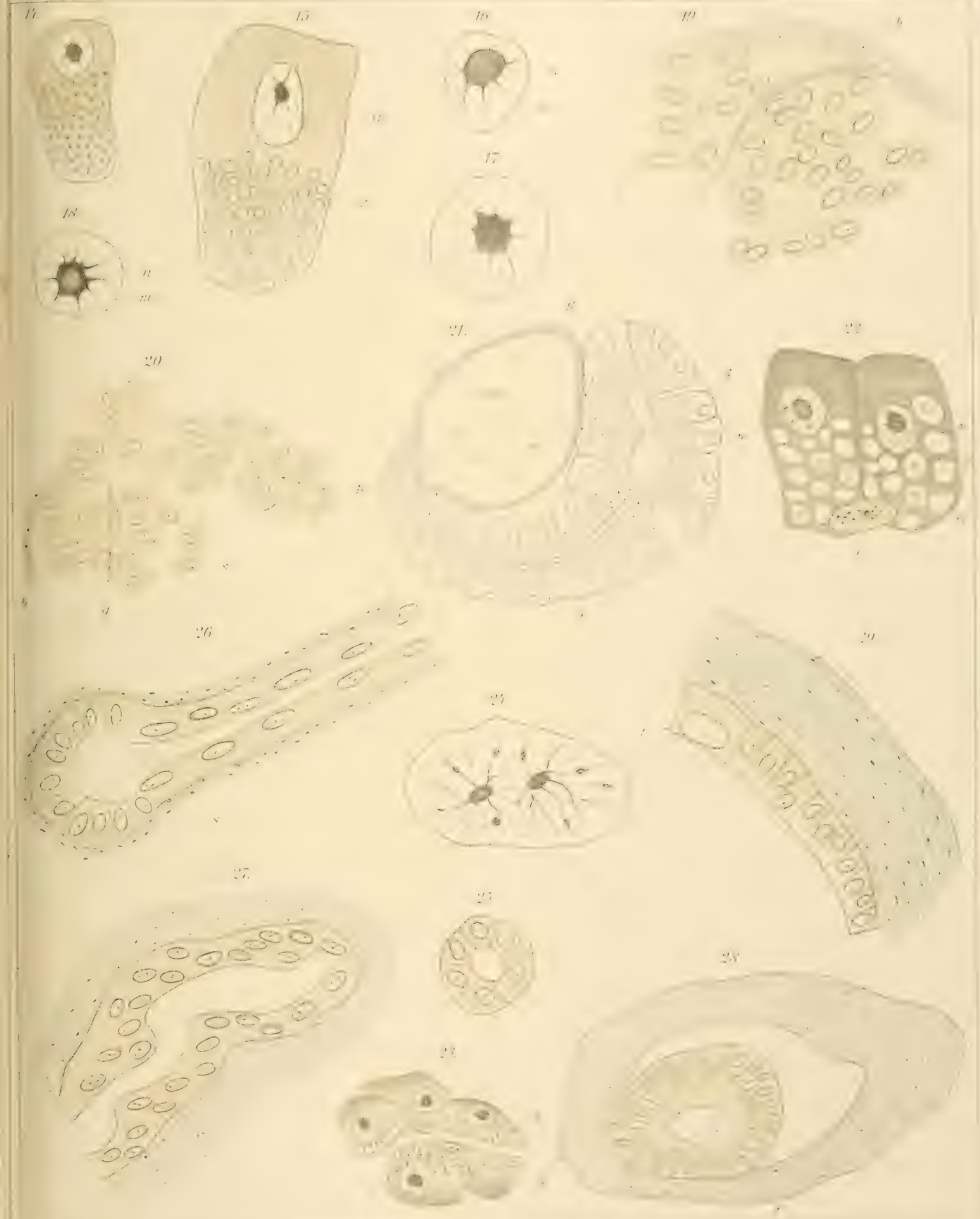
Fig. 26. Ausführgang des Pankreas von *Zoarces viviparus* mit einem Seitengang.

Fig. 27. Ein beim Schneiden schräg getroffener Ausführgang des Pankreas von *Cottus scorpius*. Deutliche Abgrenzung der einzelnen Epithelzellen gegeneinander war nicht zu erkennen.
Fixation: Pikrinschwefelsäure.
Färbung: Alaun-Hämatoxylin-Pikrinsäure-Orange G.
Vergrößerung: 705 (Leitz, Ölimmers. 2 mm, Oc. III).

Fig. 28. Ausführgang des Pankreas von *Cottus scorpius*.
*f* helle bauchige Zellen ohne Inhalt; *g* Blutgefäß.

Fig. 29. Teil eines Ausführganges von *Pleuronectes flesus* ebenfalls mit einer derartigen Zelle *f*.






Lith. Anst. v. E. A. Funke Leipzig

Aus dem Laboratorium für internationale Meeresforschung in Kiel. Biologische Abteilung Nr. 1.

# Über quantitative Bestimmung

von

# Stickstoffverbindungen im Meerwasser,

## nebst einem Anhang über die quantitative Bestimmung der im Meerwasser gelösten Kieselsäure.

Von

Dr. E. Raben-Kiel.

Dazu 2 Karten und 3 Textfiguren.

In seinen beiden Abhandlungen über den Stoffwechsel im Meere[1]) hat Prof. Brandt auf die eminente Bedeutung der Stickstoffverbindungen im Meere hingewiesen und hat zugleich eine Anzahl von Autoren genannt, welche sich vor Jahren der Mühe unterzogen haben, die Verbindungen möglichst quantitativ zu bestimmen. Indem ich nun, mit diesen Untersuchungen beauftragt, mich an die Aufgabe heranmachte, zeigte es sich, daß die bisherigen für die Bestimmung geringer Mengen Ammoniak, Nitrit und Nitrat in Betracht kommenden Methoden nicht ausreichten, ja, wie Analysen von eigens hergestellten Lösungen dieser Salze in mit Quecksilberchlorid vergiftetem Seewasser bewiesen, gänzlich unbrauchbare und falsche Resultate zeitigten. Es mußte also unternommen werden, die bisherigen gebräuchlichen Methoden zu verbessern, indem man darauf ausging, deren Fehlerquellen festzustellen, oder es mußten neue Methoden ausgearbeitet werden. Eine unendliche Reihe von Vorversuchen ist hierzu nötig gewesen, bis es mir gelungen ist, ein allerdings nicht fehlerfreies, aber dennoch brauchbares Verfahren auszuarbeiten. Herrn Prof. Dr. Rodewald, Direktor des landwirtschaftlichen Instituts in Kiel, der mich bei meinen Bemühungen, die Methoden des Nachweises der Stickstoffverbindungen im Seewasser zu verbessern, in freundlichster Weise unterstützt hat, bin ich zu großem Dank verpflichtet. Was nun die Verfahren anbetrifft, nach denen ich früher gearbeitet habe, so halte ich es nicht für angebracht, mich jetzt hierüber weiter zu verbreiten, da es die bekannten Methoden sind, nach welchen solche Bestimmungen im Süßwasser ausgeführt werden, vielmehr werde ich mich darauf beschränken, bei der Beschreibung meines veränderten Verfahrens auf früheres kurz zurückzugreifen. Bemerken möchte ich noch, daß die zur Verwendung kommenden Reagentien sowie das destillierte Wasser ammoniak-, nitrit- und nitratfrei sind.

## Die Bestimmung des Ammoniaks.

Wie schon erwähnt, wird das frisch geschöpfte Meerwasser mit 0,1% Quecksilberchlorid vergiftet, um die Bakterien, welche nachträglich eine mehr oder minder tief eingreifende Veränderung in der Zusammensetzung des Wassers mit Bezug auf die Stickstoffverbindungen hervorrufen, abzutöten. Das fertig vorhandene Ammoniak wird, wie üblich (Miller'sche Methode) und wie es Natterer[2]) und teilweise auch Murray and Irvine[3]) getan haben, mit Magnesiumoxyd abdestilliert und im Destillat mit Neßlers Reagens kolorimetrisch bestimmt. Ich verwende 100 ccm Seewasser, gebe zirka 1 gr Magnesiumoxyd hinzu und destilliere $^2/_3$ des Volumens ab, und zwar in eine Vorlage hinein, die mit einem doppelt durchbohrten Gummistopfen versehen ist; durch die eine Öffnung wird der Vorstoß des Liebig'schen Kühlers bis dicht über den Boden, der mit etwa 5 ccm destillierten Wassers und 2 Tropfen einer 1% Salzsäure beschickten Vorlage geführt, so daß die Mündung in das vorgelegte saure Wasser eintaucht; durch die andere Öffnung

[1]) Wissenschaftliche Meeresuntersuch. herausgegeb. von der Kommiss. zur Untersuchung der deutschen Meere in Kiel. Neue Folge. Band 4. 1899.
„ „ Band 6. 1902.

[2]) Aus den Denkschriften der Kaiserl. Akadem. d. Wissenschaften in Wien, B. LIX. Berichte der Kommission für Erforschung des östlichen Mittelmeers, I. Reihe. Chemische Untersuchungen im östl. Mittelmeer von Dr. Conrad Natterer, Seite 86 u. 87, I. Reise S. M. Schiffes „Pola" im Jahre 1890.

[3]) Proceed. of the Edinburgh society. Vol. 17, Seite 101 u. 102. 1889—90. On coral reefs and other carbonate of lime formations in modern seas.

des Stopfens führt ein gebogenes Rohr, das mit Bimsteinstücken gefüllt ist, welche mit verdünnter Schwefelsäure getränkt sind, um von der äußeren Laboratoriumsluft jegliche Spur von Ammonverbindungen fernzuhalten. Eine solche Vorsicht ist unbedingt nötig, da die Versuche mit peinlichster Sorgfalt ausgeführt werden müssen. Bei der geringen Menge des zu bestimmenden $NH_3$ kommt jegliche Spur von außen hinzukommenden Ammons in Betracht.

Auffallend ist, daß, wie Kontrollversuche bewiesen haben, es nicht nötig ist, für die Ammoniakbestimmung das $HgCl_2$ zu entfernen, obgleich wohl zu erwarten wäre, daß sich Merkuriammonchlorid bilden würde. Hingegen habe ich regelmäßig, falls ein Vorversuch mit Chlorammoniumlösung in mit $HgCl_2$ vergiftetem destillierten Wasser, wo ebenfalls das $NH_3$ mit Magnesiumoxyd abdestilliert wurde, angesetzt war, einen roten Niederschlag von Quecksilberoxyd beobachtet.

Das unter oben angeführten Vorsichtsmaßregeln aufgefangene Destillat, das sämtliches Ammoniak aus den angewandten 100 ccm Seewasser enthält, wird dann mit Neßlers Reagens geprüft. Das Destillat wird in einen Hehner'schen Zylinder umgegossen, in einen ebensolchen Zylinder — beide von gleichfarbigem Glase — kommt destilliertes Wasser und etwa 2 ccm einer Chlorammoniumlösung [1]), welche im ccm 0,01 mg $NH_3$ enthält; nun wird in beiden Zylindern auf genau gleiche Höhen aufgefüllt, also bis Teilstrich 100, und je 1 ccm durch Kochen von Ammoniak befreite 10%ige Kalilauge und 2 ccm Neßlers Reagens gegeben, gut umgerührt und nach 20—30 Min. beobachtet. Die gröbere Einstellung der Farbintensität der beiden Flüssigkeitssäulen auf einander geschieht über einer gleichmäßig durch Tageslicht beleuchteten weißen Porzellanplatte, während die genaue Beobachtung bei diffusem Licht in unten beschriebenem Apparat vorgenommen wird.

Bei der Ausführung kolorimetrischer Bestimmungen, insbesondere beim Nachweis des Ammoniaks, ist es unerläßlich, auf folgende 6 Punkte in der exaktesten Weise Rücksicht zu nehmen.

a) Die Zugabe der Reagentien zu dem zu untersuchenden Wasser und zur Vergleichsflüssigkeit muß gleichzeitig geschehen.

b) Es ist darauf zu achten, daß, wie Neßler [2]) schon selber beobachtet hat, das zu untersuchende Wasser resp. Destillat mit der Vergleichsflüssigkeit gleiche Temperatur und Alkalität besitzt, da andernfalls — was auch für „a" gilt — bei gleichem Ammoniakgehalt verschiedene Intensität der Farbe auftritt.

c) Ist es nötig, den Hehner'schen Zylindern eine ganz glatte Bodenfläche aus Spiegelglas zu geben — runde Scheiben von demselben Durchmesser des betreffenden Zylinders, die mit schwarzem Lack aufgekittet werden — da geblasene und mit dem Eisenspatel geformte Böden durch ihre unregelmäßige und gewellte Form zu den verschiedenartigsten Strahlenbrechungen Veranlassung geben, welche dadurch sehr störend wirken, daß die beiden zu vergleichenden Flüssigkeitssäulen ungleichmäßig beleuchtet erscheinen.

d) Ist das die Beobachtung störende Seitenlicht fernzuhalten, was durch eine über beide Zylinder gezogene Papphülse geschieht, die oben und unten mit 2 Deckeln geschlossen wird, welche dem Lumen der Zylinder korrespondierende kreisrunde Öffnungen besitzt, um bei durchfallendem Licht beobachten zu können.

e) Sobald zwecks Einstellung auf gleiche Farbintensität aus dem einen Hehner ein bestimmtes Volumen abgelassen ist, so ist es unbedingt erforderlich, mit destilliertem Wasser wieder bis zur Marke aufzufüllen, da einerseits zwei ungleich hohe Flüssigkeitssäulen ungleiche Mengen Licht absorbieren, was mit zwei verschiedenen Beleuchtungsquellen von verschiedener Intensität identisch wäre [3]). Andererseits ist noch in Betracht zu ziehen, daß die Farbe ganz verdünnter Ammoniaklösungen mit Neßlers Reagens (Amidomercurijodid) einen Stich ins grüne besitzt.

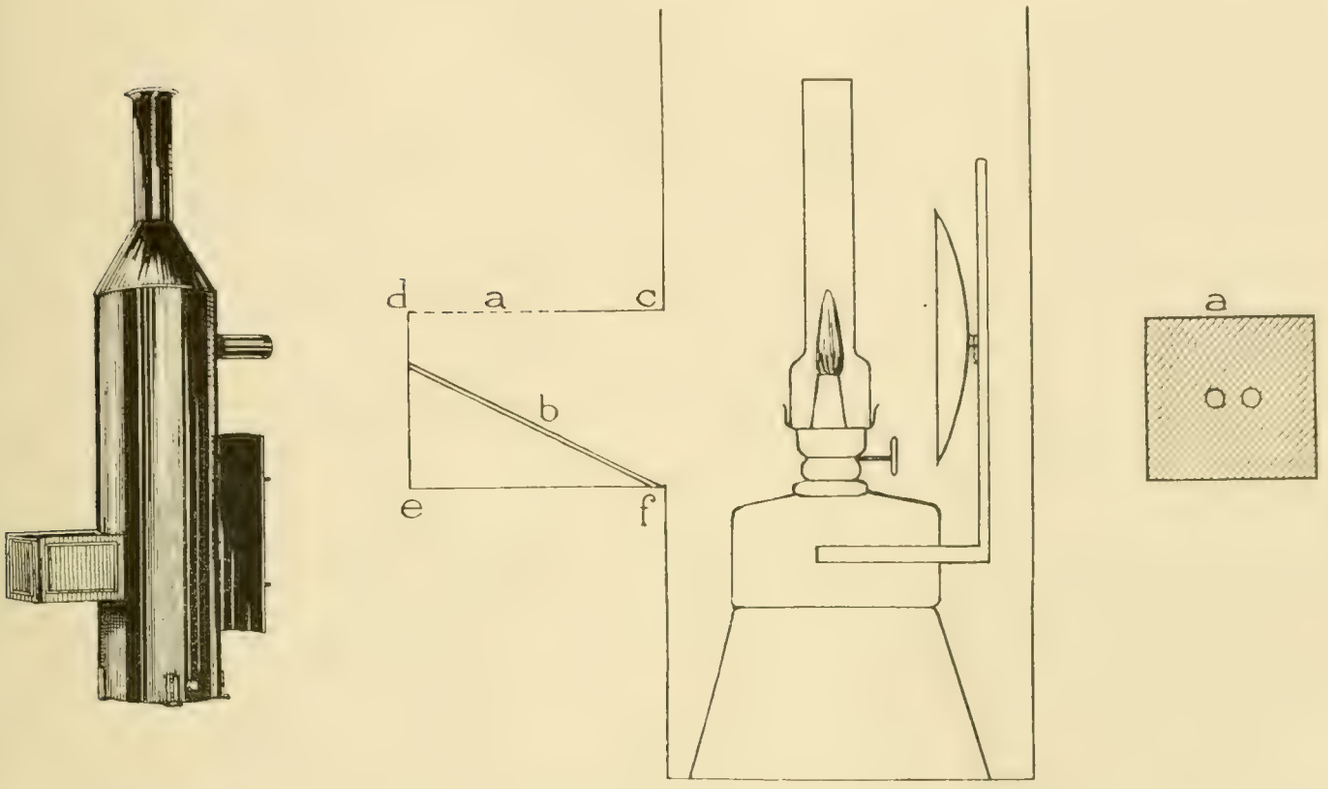
[1]) Am besten überzeugt man sich durch einen Vorversuch über den annähernden Gehalt einer Wasserprobe an Ammoniak, da es für die kolorimetrische Beobachtung von Vorteil ist, wenn zum Vergleich Lösungen von $NH_4Cl$ verwendet werden, deren Ammoniakgehalt dem des zu untersuchenden Seewassers möglichst nahe kommt.

[2]) Tiemann-Gärtner, Untersuchung der Wässer, 4. Aufl., Seite 131 und Neßler, Zeitschrift für analyt. Chemie, 1868, S. 415.

[3]) Vergl. G. u. H. Krüß, Kolorimetrie und quantitative Spektralanalyse in ihrer Anwendung in der Chemie. Hamburg u. Leipzig. 1891. p. 34.

Diese Farbnuance kann bei der Vergleichsflüssigkeit ebenfalls nur durch Verdünnen mit destilliertem Wasser erreicht werden.

f) Bei genauen Beobachtungen, wie sie hier nötig sind, ist es sehr zweckmäßig, die feinere Einstellung der beiden Lösungen auf gleiche Farbintensität bei diffusem Licht vorzunehmen, ähnlich, wie es im Wolf'schen Kolorimeter geschieht. Der unten abgebildete Apparat für diese Beobachtungen wird, damit das Auge durch keine fremde Lichtquelle beeinflußt wird, in einer Dunkelkammer aufgestellt.




Obenstehende Abbildung zeigt links den aus Eisenblech angefertigten Apparat mit geöffneter Tür zum Hineinführen der Lampe, daneben den Längsschnitt mit der Beleuchtungsquelle, einer einfachen Petroleumlampe mit Reflektor — in dieser Figur ist die Tür nicht gezeichnet. —

Der viereckige Kasten *c*, *d*, *e*, *f*, ebenfalls aus Eisenblech, enthält den schräg liegenden Spiegel *b*, welcher die von der Lampe ausgehenden Lichtstrahlen nach *a* reflektiert; *a*, rechts, ist eine Scheibe aus Milchglas mit schwarzem Papier beklebt, welches nur die beiden kreisrunden Öffnungen, welche genau mit den Öffnungen der Pappkapsel für die Hehner'schen Zylinder korrespondieren, freiläßt. Das von *b* reflektierte Licht kann also ungehindert durch das Milchglas und durch die hierüber gestellten in der Kapsel befindlichen Zylinder passieren.

Übersteigt der Ammoniakgehalt 0,2 mg im Liter, so ist es zweckentsprechend, das Destillat, zumal bei der Beobachtung bei diffusem Licht, mit dem gleichen Volumen destillierten Wassers zu verdünnen; die Grenze nach unten der bei diesem Verfahren nachweisbaren Menge dürfte bei 0,02—0,03 mg im Liter liegen.

Was nun frühere Ammoniakbestimmungen anbelangt, die in Meerwasser ausgeführt worden sind, so verdienen diejenigen von Natterer[1]) wohl am meisten Beachtung, zumal derselbe die geschöpften Wasserproben gleich nach der Entnahme an Bord analysiert hat. Merkwürdigerweise hat Natterer nur

[1]) loc. cit. 1. Reise S. M. Schiffes „Pola" im Jahre 1890. Chemische Untersuchungen im östlichen Mittelmeer. Seite 86 u. 87.

40 ccm Wasser für diese Bestimmung verwandt, indem er dieses Quantum Meerwasser mit etwas Magnesiumoxyd versetzte, zu ein Viertel abdestillierte und im Destillat das Ammoniak mittelst Neßler's Reagens nachwies. Das hierbei gefundene Resultat ist auf ein Liter berechnet, doch ist hierzu zu bemerken, daß ein Beobachtungsfehler infolgedessen um das 25fache vergrößert wird, während, wenn 100 ccm für die Bestimmung verwendet werden, ein Fehler verzehnfacht werden kann. Ferner ist die Art seiner Beobachtung nicht einwandsfrei; Eprouvetten oder Reagensgläser mit einem unregelmäßig verblasenen Boden können aus oben bei der Besprechung der Hehnerschen Zylinder angeführten Gründen für eine möglichst genaue Beobachtung, wie hier unbedingt erforderlich, nicht verwendet werden. Des weiteren möchte ich bemerken, daß es aus seinem sehr kurzen Bericht nicht klar ersichtlich ist, ob er das zu untersuchende Destillat und die Vergleichsflüssigkeit gleichzeitig mit dem Reagens angesetzt hat. Bei einem Analytiker, wie Natterer, wird man das aber als selbstverständlich voraussetzen müssen.

Murray und Irvine[1]) haben Mudwasser auf Ammonsalze geprüft und nach unten zitierter Schrift folgendes Verfahren eingeschlagen. Der Mud wurde von ihnen mittelst eines Eimers, der sich in einer Dredge befand, gewonnen, alsdann zur Gewinnung des Mudwassers in einen Segeltuchbeutel hineingegeben, dieser an Bord aufgehängt, das abtropfende Mudwasser in Flaschen aufgefangen und nachher (subsequently) im Laboratorium untersucht. Wie viel Zeit verstrichen, bis die Untersuchung vorgenommen, wird von ihnen nicht angegeben, was, da das Mudwasser nicht vergiftet wurde, festzustellen von Belang wäre, da in nicht vergiftetem Seewasser beim Aufbewahren tiefgehende Veränderungen mit Bezug auf Ammoniak, Nitrit und Nitrat vor sich gehen[2]).

Die Prüfung auf Ammoniak in dem gewonnenen Mudwasser wird von ihnen vorgenommen, indem sie dasselbe zur Ausfällung der alkalischen Erden und des Magnesiums mit Kaliumkarbonatlösung versetzen; vom entstandenen Niederschlag wird dann durch ein mit derselben Lösung gut ausgewaschenes Filter abfiltriert und das Filtrat mit Neßlers Reagens geprüft. Da nun der Nachweis von Ammonsalzen mit diesem Agens nach Schürmann[3]) durch Chloride, wie NA Cl, beeinträchtigt wird, so ist es für einen exakten Nachweis von Ammoniak unbedingt nötig, das Seewasser unter Zusatz von Magnesiumoxyd zu destillieren und im Destillat die Bestimmung vorzunehmen. Ferner erwähnen beide Autoren nicht, ob sie die Vergleichsflüssigkeit mit einem künstlich hergestellten Meerwasser von gleichem Salzgehalt bereitet haben, was von der größten Wichtigkeit wäre, da eine Kontrollflüssigkeit aus Ammonsalz und destilliertem Wasser hergestellt mit Neßlers Reagens eine Gelbfärbung gibt, die mit einer in Seewasser erzeugten nicht vergleichbar ist.

Inwieweit die Art der Gewinnung des Mudwassers durch Abtropfenlassen an freier Luft einwandsfrei ist, läßt sich ohne diesbezügliche Versuche mit Sicherheit nicht beurteilen.

Aller Voraussicht nach hätten sie, zumal das Mudwasser sehr reich an $NH_3$ war, durch Mischen einer bestimmten gewogenen Menge des frisch geschöpften Muds mit einem bestimmten Volumen destillierten Wassers und abpipettierens eines aliquoten Teiles der klaren über dem Mud stehenden Lösung für die Analyse, genauere und zuverlässigere Resultate erzielen können. Sie brauchten nachher nur das Gewicht des ein paarmal ausgewaschenen und eingetrockneten Muds festzustellen, um mit ziemlicher Genauigkeit berechnen zu können, wieviel Mudwasser in dem abpipettierten Teile der Lösung wirklich vorhanden war.

In einer anderen Abhandlung geben dieselben Autoren[4]) nicht ausführlich an, wie sie die Bestimmung des Ammoniaks vornehmen. Jedoch destillieren sie hier das Seewasser unter Zusatz von Mg O und prüfen im Destillat mit Neßlers Reagens. „The method usually followed in water-analysis — nesslerised in the usual manner".

---

[1]) Transactions of the Edinburgh Society. Vol. 37. 1895. „On the chemical changes, which take place in the composition of the seawater associated with blue muds on the floor of the ocean".

[2]) Brandt. Über den Stoffwechsel im Meere. 2. Abhandlung. Seite 55. Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, herausgegeben von der Kommission zur Untersuchung der deutschen Meere. 1892.

[3]) Journal für praktische Chemie, Neue Folge 5, 374.

[4]) Murray and Irvine. Proceed. of the Edinburgh Soc. 1889—1890. Vol. 17. Seite 101 u. 102. „On coral reefs and other carbonate of lime formations in modern seas".

Zu erwähnen ist ferner Vernon [1]), welcher derartige Bestimmungen im Meerwasser vorgenommen, wie er angibt nach Wanklyn and Chapman, Water analysis 10th edition. Leider ist mir dieses Werk in Kiel nicht zugänglich gewesen, doch ist es auch ohne Belang, da er nur das Destillat nach dieser Methode gewonnen [2]), während er die kolorimetrische Bestimmung sachgemäßer angestellt hat. Er destilliert also das Ammoniak aus einem halben Liter Wasser ab und zwar fängt er 200 ccm Destillat auf. Dieses verteilt er auf mehrere Zylinder und gibt zu je 50 ccm Destillat 2 ccm Neßlers Reagens. Zu gleicher Zeit stellt er sich Vergleichsflüssigkeiten her und untersucht nun, wie als besonders exakt hervorzuheben ist im Kolorimeter, während Chapman nach der gewöhnlichen Methode verfährt.

Schmidt [3]) hat 999,962 gr Baikalwasser zum Nachweis des Ammoniaks mit etwas Natronlauge zur Hälfte abdestilliert, das Destillat mit einigen Tropfen Normalsalzsäure übersättigt, eingedunstet und wiederholt durch etwas Na OH aus langhalsigen kleinen Kolben, in dessen Hals sich, um ein Überspritzen zu verhindern, ein Platindrahtnetz befand, das Ammoniak in einen kleinen Kugelapparat mit ein hundertstel Normalsalzsäure übergetrieben, neutralisiert und 0,000054 p. M. Ammonium ($NH_4$) — entsprechend 0,051 mg $NH_3$ — gefunden. Den im Destillationskolben, der das ursprüngliche Seewasser enthielt, verbleibenden Rückstand in gleicher Weise mit Aluminiumfeile — zur Reduktion von Nitrit und Nitrat — destilliert, und im Destillat 0,124 mg $N_2O_5$ nachgewiesen.

Wenn nun auch die Werte, welche Schmidt gefunden hat, durchaus zuverlässig und wahrscheinlich erscheinen, so ist es doch wohl nicht zu empfehlen, das Ammoniak, das in so geringen Spuren vorhanden, mit Natronlauge überzutreiben, da es möglich erscheint und, wie Natterer und andere Forscher ebenfalls behaupten, daß die Lauge aus dem organischen Eiweiß der Lebewesen des Wassers Ammoniak abspalten könnte, weshalb auch sonst durchweg das fertig vorhandene Ammoniak mit Mg O überdestilliert wird.

Das „Eindunsten" eines Destillats, sofern man unter „Eindunsten" das Abdampfen in einer offenen Schale verstehen darf, ist bei $NH_3$-Bestimmungen im Seewasser nicht zulässig, da die Gefahr vorliegt, daß hierbei Ammoniak aus der Laboratoriumsluft in das Untersuchungsobjekt gelangt. Die Reduktion der Nitrite und Nitrate mittelst Aluminiumfeile scheint ihm gut gelungen zu sein ohne einen unwahrscheinlich hohen Wert für Nitrat zu finden, zweckentsprechender wäre das Aluminium zur Verwendung gelangt, wenn dasselbe in groben Schnitzeln gebraucht, da solche sich auf mechanischem Wege leichter reinigen lassen, zumal von Spuren etwaiger Ammonsalzen, die sich darauf aus der Luft haben festsetzen können.

In demselben Jahre wie Schmidt hat Dieulafait [4]) seine Untersuchungen über den Nachweis von Stickstoffverbindungen im Meerwasser veröffentlicht. Er hat, wie er in seiner Abhandlung angibt, nach Boussingault [5]) verfahren, indem er, um das Ammoniak in Freiheit zu setzen, größere Mengen von Meerwasser nach Zugabe von Magnesiumoxyd, in einigen Fällen auch von Calciumoxyd, destilliert. Das Destillat hat er in $^1/_{25}$ Normal-Salzsäure aufgefangen und mit $^1/_{50}$ Normal-Natronlauge zurücktitriert. Nach diesem Verfahren hat er aus den verschiedensten Gegenden Wasserproben untersucht und folgende Resultate erhalten:

| | |
|---|---|
| Ismaila . . . . . | 0,204 mg $NH_3$ im Liter |
| Mer Rouge . . . . . | 0,176 „ „ „ |

[1]) Mitteilungen aus der zoologischen Station zu Neapel. 1898—99. Band 13. Seite 344 u. 345. „The relations between marine animal and vegetable life".

[2]) Tiemann-Gärtner, Untersuchung der Wässer, gibt an: Chapman. Zeitschrift für analytische Chemie 7. Seite 478. „Es ist im allgemeinen das alte Verfahren von Miller, diese Zeitschrift 4 Seite 459. Wasser wird mit Baryumhydrat versetzt und destilliert. Das Destillat wird mit Neßler's Reagens geprüft, als Vergleichsflüssigkeit dient eine Ammonsulfatlösung von bestimmtem Gehalt".

[3]) Bulletin de l'académie impériale des sciences de St. Pétersbourg. 1878. Hydrologische Untersuchungen von Prof. Dr. C. Schmidt in Dorpat. Bd. XXIII, Seite 423. Das Wasser des Baikal-Sees.

[4]) Annales de chimie et de physique. Série 5, Bd. 14. 1878. Seite 377 u. folgende. Sels ammoniacaux dans les mers actuelles et anciennes. Par M. L. Dieulafait.

[5]) ibid. Seite 377. Absatz II. Boussingault hat Wasser, welches an der Küste von Dieppe geschöpft war, 12 Stunden später in Paris untersucht und im Liter 0,2 mg Ammoniak gefunden. Wann Boussingault seine Arbeit veröffentlicht hat, gibt Dieulafait nicht an. Marchand, von dem er sagt „le chimiste qui a le premier signalé la présence de l'ammoniaque dans les eaux de la mer paraît être M. Marchand, de Fécamp", hat 1885 eine diesbezügliche Arbeit veröffentlicht, die Analyse ist 1846 ausgeführt und zwar an einem Meerwasser welches 2 Meilen vor dem Hafen von Fécamp entnommen war, gefunden hat er 0,58 mg $NH_3$ im Liter. Hierauf sagt Dieulafait: „Plus tard, M. Boussingault rechercha l'ammoniaque dans les eaux de la mer".

| | | |
|---|---|---|
| Cap Gardafuy | 0,176 | mg $NH^3$ im Liter |
| Socotora (mer de lait) | 0,176 | „ „ „ |
| Golfe de Bengale | 0,136 | „ „ „ |
| Côtes de Cochinchine | 0,340 | „ „ „ |

Diese Werte machen einen durchaus wahrscheinlichen und zuverlässigen Eindruck und dürfte sein Verfahren, zumal er größere Mengen Seewasser verarbeitet, als durchaus exakt bezeichnet werden. Dann sagt er am Schluß dieses Kapitels: „Les résultats précédents ne peuvent laisser aucun donte sur le fait de la diffusion générale de l'ammoniaque dans les eaux des mers de tantes les latitudes".

Anmerkung: In der Originalarbeit von Marchand „Des eaux potables en général et en particulier de celles des environs du Havre" veröffentlicht in den „Annales des sciences physiques et naturelles d'agriculture et d'industrie, publiées par la société imperiale d'agriculture, etc. de Lyon, Série II Bd. 6, 1854, ist eine vollständige Analyse von Meerwasser, geschöpft vor dem Hafen von Fécamp, angegeben, doch findet sich keine einzige Angabe dortselbst nach welcher Methode er die aufgezählten Verbindungen nachgewiesen hat. Im Liter hat er 0,00183 gr Chlorammonium, entsprechend 0,317 mg $NH_3$, gefunden".

Eine Abhandlung neueren Datums, welche dieses Thema behandelt, ist von J. Thoulet[1]) erschienen. Den Nachweis des Ammoniaks hat er, wie er angibt, nach Natterers Methode ausgeführt. Er destilliert 60 ccm Seewasser mit 0,4 gr frisch ausgeglühtem Magnesiumoxyd und zwar fängt er ebenso wie Natterer den 4. Teil, also nur 15 ccm Destillat auf; ich habe schon bei der Besprechung von Natterers Untersuchungen darauf hingewiesen, daß es, um Multiplikationsfehler möglichst zu reduzieren, zweckdienlicher ist, mindestens 100 ccm Wasser für die Verarbeitung zu entnehmen und hiervon reichlich die Hälfte abzudestillieren, um überzeugt zu sein, daß sämtliches Ammoniak sich im Destillat befindet.

Zum Destillat gibt er dann 0,75 ccm Neßlers Reagens und vergleicht die entstehende Gelbfärbung mit den Farbintensitäten einer Serie von vorher (à l'avance) bereiteten Kontrollflüssigkeiten von verschiedenem Gehalt an $NH_3$, was, wie oben schon gesagt, nicht zulässig ist. Von diesen Kontrollösungen sagt Thoulet: „Quoique bouchés à l émeri (eingeschmirgelte Stöpsel) et conservés autant que possible dans l'obscurité, ils laissent déposer au bout d'une semaine environ, des cristaux rouges d'iodure de mercure. L'effet est d' autant plus marqué que l'ammoniaque est en moindre quantité. Ils ne peuvent alors plus servir. On les lave et on renouvelle leur contenu". Diese Erfahrung schon hätte eigentlich zu der Überlegung führen müssen, daß es durchaus notwendig wäre, Kontrollflüssigkeit und das zu prüfende Destillat gleichzeitig mit Neßlers Reagens zu versetzen, was in der Tat von größter Wichtigkeit ist, da ja die Farbintensität mit der Zeit zunimmt, jedenfalls so lange, als sich keine gefärbten Krystalle ausscheiden.

Ferner ist die Art der Beschickung seiner Kontrollzylinder schon mit einem Fehler behaftet. Thoulet gibt in einer Serie derselben x bis y ccm einer Chlorammonlösung, welche in ccm 0,01 mg $NH_3$ enthält und gibt nun ohne bis auf die Höhe der Vergleichsflüssigkeit (15 ccm) mit destilliertem Wasser aufzufüllen, Neßlers Reagens hinzu und ergänzt dann erst auf 15 ccm mit Wasser. Unter solchen Vorbedingungen wird im Kontrollzylinder die Reaktion zwischen Ammoniak und Reagens schneller eintreten, d. h. der Farbton wird ein schon intensiverer sein, als wenn das Reagens zur verdünnten Lösung hinzugefügt wird.

Eine andere und sehr umfangreiche Arbeit, welche sich mit der Zusammensetzung des Seewassers befaßt, stammt von Forchhammer[2]), welcher seit 1843 sich 20 Jahre lang mit diesem Problem eingehend beschäftigt hat. Offiziere der dänischen und brittischen Marine, sowie viele Privatleute haben ihm aus allen Teilen des Ozeans, sowohl Oberflächen-, als auch Tiefenwasser zur Untersuchung von ihren Fahrten mitgebracht, sodaß dieser Forscher auch über ein umfangreiches Material verfügen konnte. Unter „the elements which hitherto have been found in sea-water" ist vor allen Dingen des Stickstoffs zu erwähnen, und möchte ich wortgetreu wiedergeben, was er über denselben und seinen Nachweis sagt. „Nitrogen

[1]) Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier Prince souverain de Monaco, publiés sous sa direction avec le concours de M. Jules Richard. Fascicule XXII. „Echantillons d'eaux et defonds provenant des campagnes de la „Princesse-Alice". Par J. Thoulet. 1902, Seite 17 u. 18.

[2]) Philosophical Transactions of the royal society of London for the year 1865 Bd. 155, 1. Seite 203 u. folg. „On the composition of sea-water in the different parts of the ocean. By Georg Forchhammer, Professor at the university and director of the polytechnic institution at Copenhagen".

occurs in sea-water combined with hydrogen as ammonia, and its presence may be shown by mixing sea-water with a solution of baryta, and destilling the mixture in a glass retort. In the destilled portion ammonia may be shown by adding some drops of nitrate of protoxide of mercury, which will form grey clouds, or by muriatic acid and chloride of platinum, which, when carefully evaporated, will leave the well-known yellow salt insoluble in alcohol. It can hardly be doubted that this ammonia is partly formed by the living animals of the sea, which exhale ammonia, and partly by the putrefaction of their dead bodies. We might ask why we find so small a quantity of ammonia, the causes for its formation being so general; but it is well known that plants will absorb it, and that the circulation of nitrogen in the sea is between sea-water, plants, and animals, as it is on the dry land between soil, plants, and animals".

## Bestimmung der salpetrigen Säure.

Diese Säure, welche nach den bisherigen Analysen nur in ganz minimalen Mengen im Meerwasser vorkommt, kann am besten durch Destillation isoliert und dann ebenfalls kolorimetrisch nachgewiesen werden nnd zwar nach Trommsdorff mittelst Zinkjodidstärkelösung oder, wie ich es vorgezogen habe, weil die Bestimmung der salpetrigen Säure mit diesem Agens schon durch Einwirkung von Luft und Licht[1]) beeinflußt wird, insofern hierdurch allein schon eine Blaufärbung eintreten kann, nach dem Verfahren von Preuße und Tiemann[2]) mittelst Metaphenylendiamin und Schwefelsäure resp. Essigsäure; letztere soll nach Tiemann[3]) noch den Vorzug haben, die Empfindlichkeit der Reaktion von $HNO_2$ auf Metaphenylendiamin etwas zu erhöhen, sofern das zu untersuchende Wasser, was ja bei meinen Bestimmungen, die mit dem Destillat ausgeführt werden, in Wegfall kommt, keine Ferriverbindungen enthält. Ich habe beide Säuren angewandt, doch habe ich bei den ganz geringen Mengen $HNO_2$, die ich nachzuweisen hatte, keinen Unterschied in der Schärfe der Reaktion bemerken können.

Um die salpetrige Säure im Meerwasser möglichst sicher und exakt nachweisen zu können, gebe ich 100 ccm des zu prüfenden Wassers in einen Destillationskolben von 200 ccm Inhalt, säure mit 2—3 Tropfen 90%iger Essigsäure an und fange das Destillat in der Vorlage unter den bei der Ammoniakbestimmung angegebenen Vorsichtsmaßregeln auf; im ganzen lasse ich reichlich 30 ccm, also etwa ein Drittel des zur Prüfung entnommenen Quantums Wasser abdestillieren. Nun nehme ich ein eben solches Kölbchen, wie es mir als Vorlage gedient, gebe reichlich 30 ccm destilliertes Wasser und ein bestimmtes Volumen einer Natriumnitritlösung hinein, welche im ccm ein hundertstel Milligramm $N_2O_3$ enthält, dann füge ich gleichzeitig zu dem Inhalt eines jeden Kölbchens 1 ccm verdünnte Schwefelsäure (1 + 3) resp. 1 ccm 90%iger Essigsäure und je 1 ccm Metaphenylendiaminlösung. — Ein Gramm salzsaures Metaphenylendiamin wird in 180 ccm Wasser gelöst, die Lösung durch Aufkochen mit Tierkohle entfärbt und das Filtrat mit 20 ccm verdünnter Schwefelsäure vermischt; diese Lösung ist in dunklen, gut geschlossenen Flaschen recht lange haltbar. —

Das so behandelte Destillat und die Vergleichslösung lasse ich dann mehrere Stunden stehen, bevor ich eine Beobachtung vornehme, da mit der Zeit die Intensität des sich bildenden Azofarbstoffs zunimmt, ein Moment, welches besondere Beachtung erheischt, daß die Reagentien zum Destillat wie zur Vergleichslösung gleichzeitig zugegeben werden. Also nach Verlauf von mehreren Stunden gebe ich den Inhalt der beiden Kölbchen in Hehner'sche Zylinder, um zunächst bei Tageslicht die gröbere und bei diffusem Licht die feinere Einstellung der Farbintensitäten auf einander vorzunehmen.

Die Hehner'schen Zylinder, welche ich für die Nitritbestimmung verwende, habe ich auf Grund der Überlegung, daß bei nur schwacher Färbung der Lösung die Färbung um so deutlicher zu erkennen ist, je höher die Flüssigkeitssäulen sind, die beobachtet werden sollen, aus reichlich 40 cm langen Röhren aus gleichfarbigem Glase herstellen lassen, welche es mir ermöglichen, bedeutend schärfer beobachten zu können und infolgedessen ein präziseres Resultat erzielen lassen, als die Anwendung der gewöhnlich benutzten

[1]) Fresenius. Quant. Analyse II. 6. Auflage Seite 161.
[2]) Tiemann-Gärtner. Untersuchungen und Beurteilung der Wässer. 4. Auflage Seite 201.
[3]) ibidem Seite 213.



LIBRARY

Röhren. Selbstredend sind beide Zylinder, wie schon bei der Bestimmung des Ammoniaks beschrieben, mit einem Lichtschutzmantel umgeben, welcher nur durchfallendes Licht hindurchläßt.

Natterer[1]) gibt auch die Menge der salpetrigen Säure in frisch geschöpftem Meerwasser so gering an, daß dieselbe an der Grenze der Bestimmbarkeit steht. Er nimmt 20 ccm Meerwasser, versetzt diese mit 1 ccm verdünnte Schwefelsäure (1 : 3) und 1 ccm Jodzinkstärkelösung und verwendet als Vergleichsflüssigkeit eine Lösung von bekanntem Gehalt an Nitrit, zu welcher dieselben Reagentien gegeben sind. Hiergegen läßt sich zunächst einwenden, daß, da Jodzinkstärke, zumal, wo es sich darum handelt, minimale Mengen $HNO_2$ nachzuweisen, schon durch die organische Substanz im Meerwasser beeinflußt wird, insofern die Reaktion zum Teil verhindert werden, oder doch abgeschwächt werden kann[2]), es nicht statthaft ist, eine Nitritlösung mit destilliertem Wasser hergestellt als Vergleichsflüssigkeit zu benutzen, da der Farbton in dieser ein anderer ist, der mit dem durch Jodzinkstärke in nitrithaltigem Meerwasser erzeugten nicht vergleichbar ist. Auch dürfte wohl auf die im Meerwasser, wenn auch nur in Spuren vorkommenden Eisensalze hingewiesen werden, welche mit Jodzinkstärke eine Bläuung hervorrufen können, die nicht von salpetriger Säure herrührt; wenigstens halten Tiemann-Gärtner[3]) das Trommsdorff'sche Verfahren nur dann für anwendbar, falls man sich von dem Nichtvorhandensein von Eisensalzen überzeugt hat. Schließlich nimmt Natterer, ähnlich wie bei der Bestimmung des Ammoniaks nur 40 ccm, so hier gar nur 20 ccm Wasser für die Analyse in Bearbeitung, was natürlich viel zu wenig ist. Erstens erschwert es eine sichere Beobachtung und zweitens wird ein Fehler immer mit 50 multipliziert, wenn das gefundene Resultat auf einen Liter berechnet wird. Bezüglich der Beobachtung in den Eprauvetten gilt das bei Ammoniak angeführte.

Vernon[4]) bestimmt das Nitrit nach Preuße-Tiemann direkt im Meerwasser, verwendet aber als Vergleichsflüssigkeit Nitritlösungen von bekanntem Gehalt in destilliertem Wasser, was notwendig zu falschen Resultaten führen muß, was er übrigens auch selber zugibt, indem er sagt: „In that the colour of the standard solutions is not arithmetically proportionate to the amount of nitrite present, and in that it increases gradnally on keeping, the method can, however, yield only approximate results".

Infolgedessen ist es von ihm in diesem Falle auch überflüssig die Beobachtungen in einem Kolorimeter anzustellen.

Geelmuyden[5]) hat eingehende Untersuchungen über Vorkommen und Bestimmung von Nitrit im Meerwasser ausgeführt. Er verwendet als Reagens nicht Metaphenylendiamin, sondern das Gries'sche Reagens und weist darauf hin, daß das Erdmann'sche noch schärfer sein soll. Inwieweit dieses zutreffend ist, kann natürlich nur durch Parallelversuche nach allen drei Methoden erwiesen werden, was für mich vorläufig zu zeitraubend gewesen ist. Auf alle Fälle gibt die Metaphenylendiamin-Methode bei Anwendung der von mir gebrauchten Vorsichtsmaßregeln genügend sichere Resultate mit bestimmten Fehlern, welche sich bei kolorimetrischen Bestimmungen wohl nicht vermeiden lassen.

Geelmuyden destilliert ebenfalls die salpetrige Säure nicht ab, sondern weist dieselbe direkt im Seewasser nach. Als Vergleichsflüssigkeit dient ihm ebenfalls Seewasser, welchem er eine bestimmte Menge Nitrit zusetzt. Unter Zugrundelegung einer für diese Differenzbestimmung berechneten Gleichung stellt er den tatsächlichen Gehalt an Nitrit fest. Wenn man dieses Verfahren nun auch als einwandsfrei bezeichnen kann, die Beobachtungen auch im Wolff'schen Kolorimeter ausgeführt werden, so ist es aus weiter oben von mir angeführten Gründen nicht statthaft, eine kolorimetrische Beobachtung an ungleich hohen Flüssigkeitsschichten auszuführen.

## Die Salpetersäure,

welche bisher nur von Wenigen im Meerwasser nachgewiesen wurde, ist natürlich aus einer aus so verschiedenen Salzen bestehenden Lösung wie Seewasser nicht zu isolieren, was einem exakten Nachweise

[1]) loc. cit. 1. Reise S. M. Pola 1890. Seite 86 u. 87.

[2]) Tiemann-Gärtner Seite 207.

[3]) ibidem Seite 211.

[4]) Mitteilungen aus der zoologischen Station zu Neapel 1898—99. Band 13. „The relations between marine animal and vegetable life". Seite 404.

[5]) Zeitschrift für analytische Chemie 22 Seite 276 u. f. Über die quantitative Bestimmung der stickstoffhaltigen Bestandteile des Meerwassers.

erhebliche Schwierigkeiten in den Weg stellt. Außerdem ist die Menge dieser Säure nicht so bedeutend, daß allgemein gebräuchliche Methoden, wie sie Tiemann-Gärtner[1]) anführt, von Schulze-Tiemann, Crum-Lunge und Marx-Trommsdorff angewendet werden können.

In der Chemiker-Zeitung[2]) fand ich ein Verfahren angegeben, die Salpetersäure in Wasserproben mittelst Brucin und Schwefelsäure kolorimetrisch zu bestimmen, doch war dasselbe, wie durch eine Anzahl von Kontrollversuchen festgestellt wurde, bei einer Salzlösung wie Meerwasser unbrauchbar. Erstens entwickeln sich beim Mischen des Wassers mit dem doppelten Volum konzentrierter Schwefelsäure infolge der bedeutenden Temperaturerhöhung Ströme von Salzsäuregas, welche den Untersucher in hohem Maße belästigen, dann aber, was weit wichtiger ist, insofern der Nachweis direkt in Frage gestellt wird, ist die Umsetzung der bei der hohen Temperatur ebenfalls durch die Schwefelsäure frei gemachten Salpetersäure mit der Salzsäure, welche durch folgende Formel veranschaulicht wird:

$$2\,NO_3H + 6\,HCl = 4\,H_2O + 3\,Cl_2 + 2\,NO$$
$$2\,NO + Cl_2 = 2\,NOCl.$$

Inwiefern nun diese Reaktion so vollständig verläuft, wie die Formel andeutet, läßt sich nicht mit Sicherheit sagen, immerhin ist es bei der geringen vorhandenen Menge Salpetersäure sehr wahrscheinlich, daß dieselbe sich zum größten Teil des Nachweises entzieht, indem sie durch Wechselwirkung mit der Salzsäure Stickoxyd und Nitrosylchlorid bildet.

Ulsch[3]) hat ein Verfahren ausgearbeitet, welches gestattet verhältnismäßig geringe Mengen Salpetersäure nachzuweisen, indem er in saurer Lösung das Nitrat zu $NH_3$ reduziert und dieses durch Destillation abscheidet. Als Reduktionsmittel wendet er reduziertes Eisen und Schwefelsäure an. Es gelingt ihm auf diese Weise, ohne befürchten zu müssen, daß Zwischenprodukte entstehen, das Nitrat vollständig in Ammoniak überzuführen. Diese Methode habe ich jedoch bei Bestimmungen im Seewasser nicht verwerten können, zumal das angewendete reduzierte Eisen nicht frei von Ammonverbindungen war, was bei einem in fein verteiltem Zustande hergestellten Chemikal häufiger beobachtet werden kann.

Ein anderes Reduktionsmittel, welches infolge seiner Darstellungsweise von Ammonsalzen vollständig frei sein muß, ist Natriumamalgam. Die Anwendung desselben hat den gewünschten Erfolg gehabt. Es zeigte sich jedoch schon nach einigen Vorversuchen, daß es unbedingt notwendig war, das Quecksilberchlorid, mit welchem das frisch geschöpfte Wasser aus oben angeführten Gründen versetzt wird, zu entfernen, weil $HgCl_2$ durch naszierenden Wasserstoff teilweise zu HgCl reduziert wird, welches mit dem nachher in Freiheit gesetzten Ammoniak die unlösliche Verbindung von Mercuroammonchlorid gibt. Merkwürdigerweise wirkt das $HgCl_2$ nicht störend auf das im Wasser fertig vorhandene, durch Destillation mit MgO abgeschiedene Ammoniak, wohingegen ich, zumal bei Kontrollversuchen, die ich mit Lösungen aus vergiftetem destillierten Wasser ausführte, die Bildung von rotem Quecksilberoxyd ($HgCl_2 + MgO$) beobachtet habe.

Als ein sehr geeignetes Mittel das Quecksilberchlorid aus dem zu analysierenden Wasser zu entfernen habe ich metallisches Magnesium gefunden, welches ich in Bandform anwende.

Um nun $NH_3$, $N_2O_3$ und $N_2O_5$ nebeneinander zu bestimmen, verfahre ich folgendermaßen: 100 ccm des mit Quecksilberchlorid vergifteten Meerwassers werden erst mit Essigsäure angesäuert und die salpetrige Säure abdestilliert; nach dem Abkühlen gebe ich MgO zum Destillationsrückstand und destilliere das in Freiheit gesetzte Ammoniak über. Den Rückstand, welcher das Nitrat enthält, verdünne ich mit ammoniak-, nitrit- und nitratfreiem destilliertem Wasser, gebe zum Ausfällen des Quecksilbersalzes etwa 20 cm Magnesiumband hinzu und lasse 2—3 Tage stehen, worauf mit Natriumamalgam (3 % Na) reduziert, das aus dem Nitrat entstandene Ammoniak mit MgO abdestilliert und mit Neßler's Reagens bestimmt wird. Zur Kontrolle wird dann noch in 100 ccm Wasser eine Bestimmung von $NH_3 + N_2O_3 + N_2O_5$, die beiden letzten nach Reduktion, als Gesamtammoniak gemacht und die gefundenen Werte auf Stickstoff umgerechnet.

Nach diesem Verfahren sind nun die auf der folgenden Tabelle verzeichneten Versuche ausgeführt und zwar an Lösungen von Ammonsalz, Nitrit und Nitrat in vergiftetem Seewasser; daneben sind die

[1]) Tiemann-Gärtner Seite 152 u. f.
[2]) Chem. Zeit. von 1901 Nr. 55.
[3]) Tiemann-Gärtner Seite 164.

Differenzen angegeben zwischen vorhandener und gefundener Menge und hieraus der mittlere Fehler berechnet.

Natterer[1]) hat mit Diphenylamin und Schwefelsäure in frisch geschöpftem Seewasser des östlichen Mittelmeeres $NO_3H$ nicht mit Sicherheit nachweisen können; wie er angibt, hat er nur eine kaum sichtbare Bläuung erhalten, die auch von der salpetrigen Säure herrühren konnte. Ich habe aber bei Seewasser der Nord- und Ostsee in der Regel, zumal, wenn ich das Wasser durch Destillation etwas konzentrierte, wobei ich zugleich das Nitrit entfernte, mit Diphenylamin eine deutliche Blaufärbung erhalten können, indem ich in einem Reagensglase etwa 15 ccm konzentrierte Schwefelsäure, welche eine Spur Diphenylamin gelöst enthielt, mit dem konzentrierten Wasser vorsichtig überschichtete, wobei nach ganz kurzer Zeit eine deutliche Reaktion eintrat.

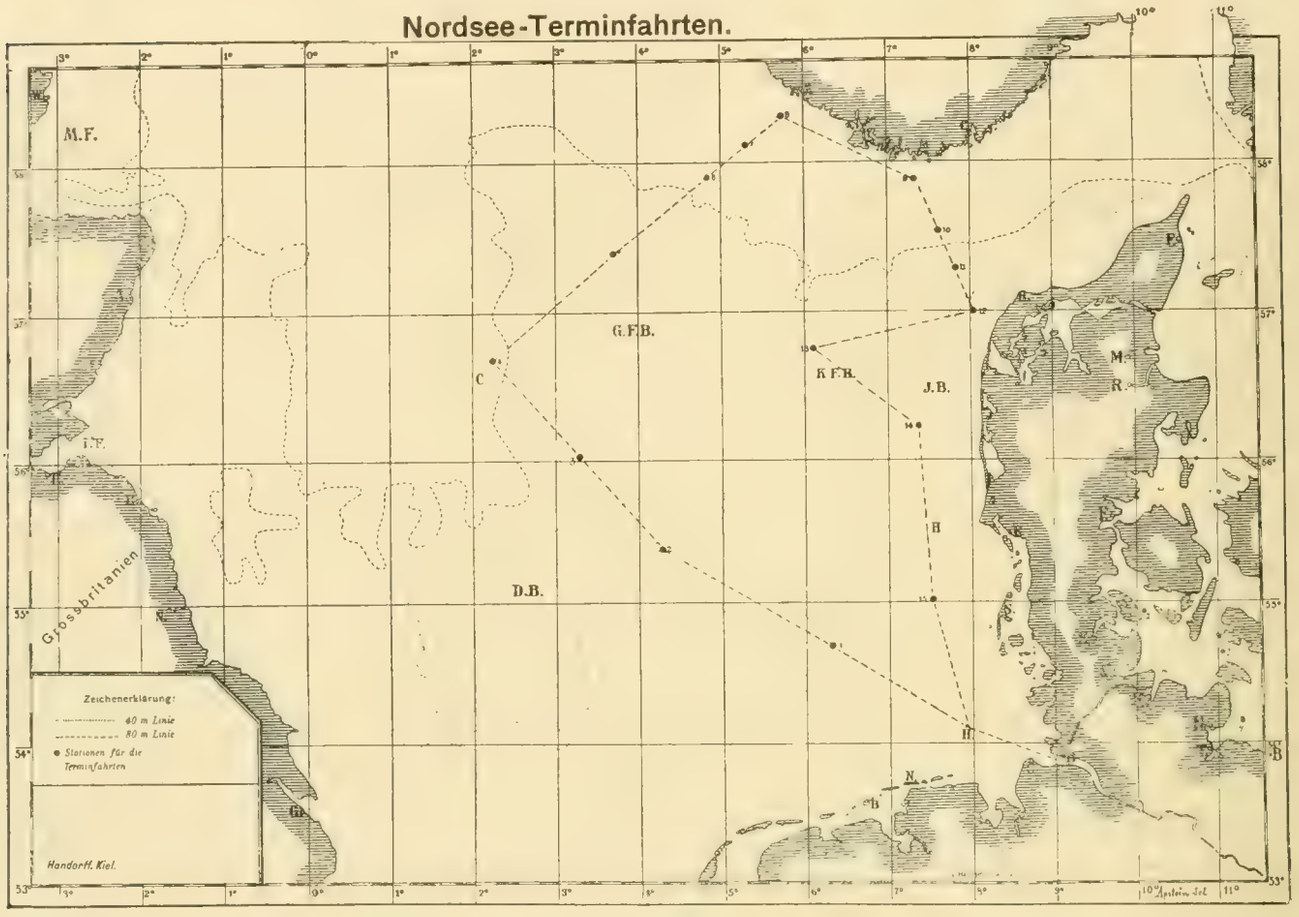
Geelmuyden[2]) hat ebenfalls das Nitrat im Meerwasser mit Diphenylamin nachgewiesen und ist der Meinung, diese Reaktion zu einer quantitativen Methode ausarbeiten zu können. Aus Gründen, die ich bei Besprechung der Brucinmethode angeführt — Reaktion zwischen HCl und $NO_3H$ — ist es jedoch wohl für ausgeschlossen zu erachten, die Diphenylaminprobe, die für einen qualitativen Nachweis sehr empfindlich ist, für eine quantitative Bestimmung dieser Säure im Seewasser zu verwerten.

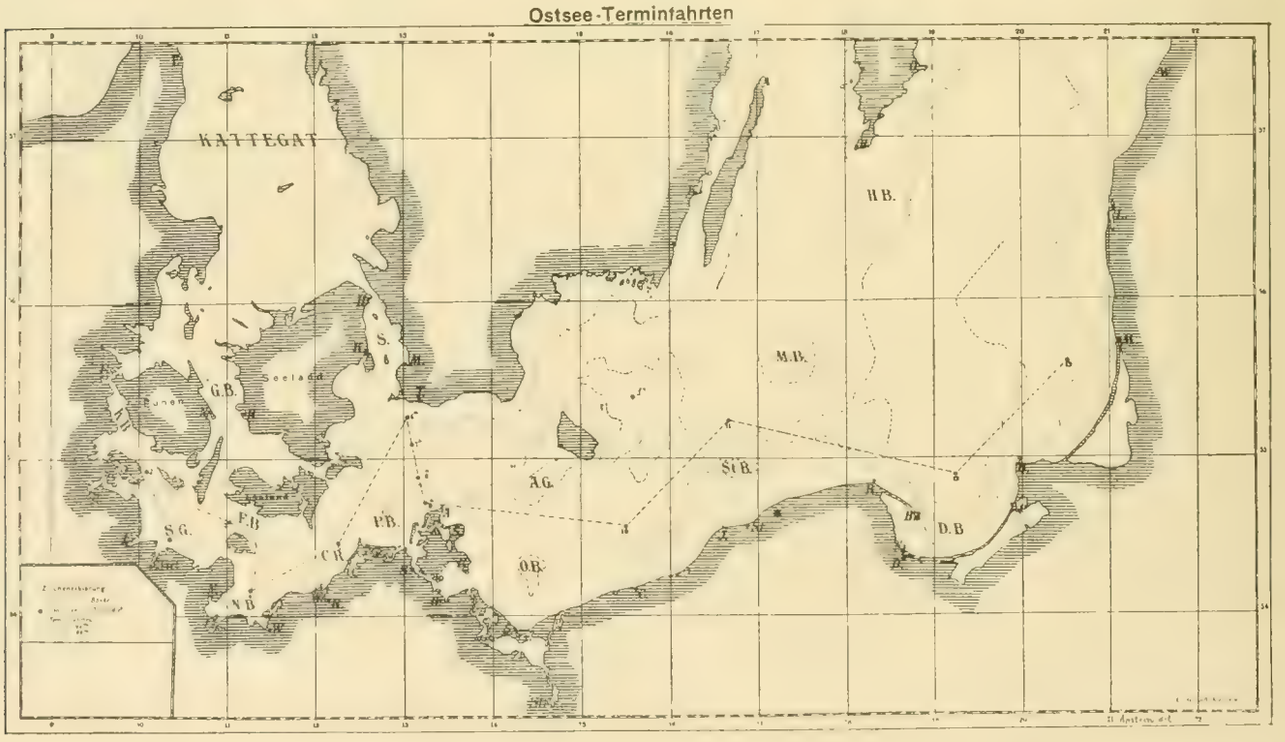
## Kontrollversuche.

| Nr. | 1. $NH_4Cl$ + Ammoniak des Seewassers | | 2. $NaNO_2 + NO_2H$ des Seewassers | | 3. $KNO_3 + NO_3H$ des Seewassers | | 4. Gesamt-Ammoniak nach Reduktion mit nasc. H | | Differenz in Prozenten | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | gefunden mg N im Liter | vorhanden mg N im Liter | gefunden mg N im Liter | vorhanden mg N im Liter | gefunden mg N im Liter | vorhanden mg N im Liter | gefunden mg N im Liter | vorhanden mg N im Liter | ad 1. | ad 2. | ad 3. | ad 4. |
| 1 | 0,267 | 0,237 | 0,030 | 0,0582 | 0,067 | 0,100 | 0,344 | 0,395 | 13 | 48 | 33 | + 13 |
| 2 | 0,074 | 0,139 | 0,070 | 0,1042 | 0,149 | 0,165 | 0,277 | 0,408 | 47 | 33 | 10 | + 32 |
| 3 | 0,073 | 0,083 | 0,084 | 0,1032 | 0,050 | 0,066 | 0,132 | 0,252 | 12 | 18 | 24 | + 48 |
| 4 | 0,016 | 0,034 | 0,003 | 0,0572 | 0,034 | 0,078 | 0,086 | 0,169 | 53 | 95 | 56 | + 48 |
| 5 | 0,028 | 0,034 | 0,005 | 0,0142 | 0,069 | 0,118 | 0,068 | 0,166 | 18 | 64 | 42 | + 59 |
| 6 | 0,270 | 0,285 | 0,005 | 0,0042 | 0,067 | 0,089 | 0,247 | 0,378 | 5 | 19 | 25 | + 35 |
| 7 | 0,081 | 0,087 | 0,005 | 0,0042 | 0,061 | 0,116 | 0,120 | 0,207 | 7 | 19 | 47 | + 42 |
| 8 | 0,130 | 0,137 | 0,005 | 0,0042 | 0,054 | 0,087 | 0,181 | 0,228 | 5 | 19 | 38 | + 21 |
| 9 | 0,016 | 0,034 | 0,003 | 0,0042 | 0,052 | 0,066 | 0,155 | 0,104 | 53 | 28 | 21 | — 49 |
| 10 | 0,032 | 0,034 | 0,004 | 0,0042 | 0,048 | 0,078 | 0,148 | 0,116 | 6 | 5 | 38 | — 27 |
| 11 | 0,023 | 0,034 | 0,003 | 0,0042 | 0,053 | 0,115 | 0,134 | 0,153 | 32 | 28 | 54 | + 12 |
| 12 | 0,025 | 0,034 | 0,024 | 0,0572 | 0,036 | 0,066 | 0,0996 | 0,157 | 26 | 58 | 45 | + 37 |
| 13 | 0,043 | 0,034 | 0,009 | 0,0162 | 0,060 | 0,066 | 0,134 | 0,116 | 26 | 44 | 9 | — 15 |
| 14 | 0,085 | 0,087 | 0,006 | 0,0042 | 0,050 | 0,066 | 0,133 | 0,156 | 2 | 43 | 24 | — 15 |
| 15 | 0,115 | 0,137 | 0,005 | 0,0042 | 0,064 | 0,066 | 0,356 | 0,207 | 16 | 19 | 3 | — 72 |
| 16 | 0,222 | 0,282 | 0,004 | 0,0042 | 0,074 | 0,066 | 0,315 | 0,352 | 21 | 5 | 12 | + 10 |
| 17 | 0,502 | 1,034 | 0,003 | 0,0042 | 0,134 | 0,066 | 1,030 | 1,104 | 51 | 28 | 103 | + 7 |
| 18 | 0,087 | 0,034 | 0,003 | 0,0042 | 0,080 | 0,066 | 0,172 | 0,104 | 156 | 28 | 21 | — 70 |
| 19 | 0,062 | 0,026 | 0,004 | 0,0032 | 0,066 | 0,050 | 0,153 | 0,078 | 138 | 25 | 32 | — 96 |
| 20 | 0,062 | 0,017 | 0,003 | 0,0021 | 0,065 | 0,033 | 0,102 | 0,052 | 285 | 43 | 97 | — 96 |
| | | | | | | | | | 972 | 669 | 734 | 804 |
| | | | | | | | | | Fehler | ± 41% | ± 28% | ± 31% | ± 34% |

[1]) loc. cit. Seite 88.

[2]) Zeitschrift für analyt. Chemie 22. Seite 276 u. f.


Nordsee-Terminfahrten.
M.F.
G.F.B.
K.F.B.
J.B.
D.B.
Grossbritanien
Zeichenerklärung:
40 m Linie
80 m Linie
Stationen für die Terminfahrten
Handorff. Kiel.


Ostsee-Terminfahrten
KATTEGAT
H.B.
M.B.
G.B.
A.G.
St.B.
F.B.
S.G.
O.B.
D.B.
N.B.

Nachdem die in obenstehender Tabelle zusammengestellten Kontrollversuche erledigt waren, wurden die von den 4 Terminfahrten des Jahres 1903 gesammelten Wasserproben in Angriff genommen und nach denselben Methoden untersucht.

Um diese Untersuchungen tunlichst schnell zu vollenden, hatte ich den Auftrag in den reichlich 100 Wasserproben nur den Gesamtstickstoff zu bestimmen. Von Station 1, 4 und 7 in der Nordsee und 1, 11 resp. 12 der Ostsee wurde außerdem das fertig vorhandene Ammoniak, sowie Nitrit plus Nitrat nach Reduktion bestimmt. „S 4" August 1903 Ostsee bedeutet „schwedische Station 4" in der Bornholm-Tiefe. Die Stationen, welche außerdem mit „a" bezeichnet, sind die des neuen Schnitts zwischen Schweden und Rügen, welcher aus praktischen Gründen etwas weiter westlich verlegt wurde. Zu dem hohen Stickstoffgehalt des auf Station 2 aus 36 m Tiefe (November, Ostsee) geschöpften Wassers ist zu bemerken, daß etwa ein Drittel der mitgebrachten Probe aus Bodenschlamm bestand, wodurch die Menge des gefundenen Stickstoffs zu erklären ist.

## Nordsee.

| Station | Gelotete Tiefe | Schöpftiefe | Milligramm im Liter | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ammoniak als N | Nitrit + Nitrat nach Reduktion zu $NH_3$ als N | $NH_3 + N_2O_3 + N_2O_5$ nach Reduktion als N | Ammoniak als N | Nitrit + Nitrat nach Reduktion zu $NH_3$ als N | $NH_3 + N_2O_3 + N_2O_5$ nach Reduktion als N | Ammoniak als N | Nitrit + Nitrat nach Reduktion zu $NH_3$ als N | $NH_3 + N_2O_3 + N_2O_5$ nach Reduktion als N | Ammoniak als N | Nitrit + Nitrat nach Reduktion zu $NH_3$ als N | $NH_3 + N_2O_3 + N_2O_5$ nach Reduktion als N |
| | m | m | Februar 1903 | | | Mai 1903 | | | August 1903 | | | November 1903 | | |
| 1 | 40 | 0 | 0,139 | 0,180 | 0,238 | 0,115 | 0,180 | 0,203 | 0,134 | 0,156 | 0,165 | 0,090 | 0,195 | 0,273 |
| 2 | 41 | 0 | — | — | 0,152 | — | — | 0,136 | — | — | 0,133 | — | — | 0,209 |
| „ | — | 20 | — | — | 0,072 | — | — | — | — | — | — | — | — | - |
| 3 | 73 | 0 | — | — | 0,131 | — | — | 0,150 | — | — | 0,143 | — | — | 0,239 |
| „ | — | 50 | — | — | 0,067 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 4 | 87 | 0 | — | — | — | 0,090 | 0,173 | 0,190 | 0,105 | 0,164 | 0,149 | 0,092 | 0,159 | 0,254 |
| 4a | 97 | 0 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,168 | — | — | — |
| 5 | 64 | 0 | — | — | — | — | — | 0,145 | — | — | 0,159 | — | — | 0,300 |
| 6 | 96 | 0 | — | — | — | — | — | 0,126 | — | — | 0,159 | — | — | 0,243 |
| 7 | 280 | 0 | — | — | — | 0,086 | 0,151 | 0,200 | 0,107 | 0,196 | 0,186 | 0,078 | 0,209 | 0,249 |
| 8 | 350 | 0 | — | — | — | — | — | 0,167 | — | — | 0,208 | — | — | 0,257 |
| 9 | 480 | 0 | — | — | — | — | — | 0,101 | — | — | 0,260 | — | — | 0,219 |
| 10 | 210 | 0 | — | — | — | — | — | 0,099 | — | — | 0,287 | — | — | 0,235 |
| 11 | 67 | 0 | — | — | — | — | — | 0,100 | — | — | 0,206 | — | — | 0,172 |
| 12 | 30 | 0 | — | — | — | — | — | 0,104 | — | — | 0,288 | — | — | |
| 12x | — | 0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,273 |
| 13 | 60 | 0 | — | — | — | — | — | 0,142 | — | — | 0,181 | — | | |
| 14 | 35 | 0 | — | — | — | — | — | 0,091 | — | — | 0,201 | — | — | 0,259 |
| 15 | 24 | 0 | — | — | — | — | — | 0,084 | — | — | 0,219 | — | — | 0,266 |
| a | — | 0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,261 |
| b | — | 0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,289 |

Bemerkungen:

Probe „a" geschöpft bei „Elbe-Feuerschiff II".

„ „b" 54° 3′ N. B. 8° 11′ Ö. L.

## Ostsee.

| Station | Gelotete Tiefe m | Schöpftiefe m | Milligramm im Liter: Ammoniak als N | $N_2O_3 + N_2O_5$ nach Reduktion zu $NH_3$ als N | $NH_3 + N_2O_3 + N_2O_5$ nach Reduktion als N | Ammoniak als N | $N_2O_3 + N_2O_5$ nach Reduktion zu $NH_3$ als N | $NH_3 + N_2O_3 + N_2O_5$ nach Reduktion als N | Ammoniak als N | $N_2O_3 + N_2O_5$ nach Reduktion zu $NH_3$ als N | $NH_3 + N_2O_3 + N_2O_5$ nach Reduktion als N | Ammoniak als N | $N_2O_3 + N_2O_5$ nach Reduktion zu $NH_3$ als N | $NH_3 + N_2O_3 + N_2O_5$ nach Reduktion als N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Februar 1903 | | | Mai 1903 | | | August 1903 | | | November 1903 | | |
| 1 | 20 | 0 | 0,102 | 0,175 | 0,241 | 0,131 | 0,186 | 0,267 | 0,151 | 0,235 | 0,291 | 0,065 | 0,202 | 0,276 |
| „ | — | 19 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,261 |
| 2 | 35 | 0 | — | — | 0,109 | — | — | 0,087 | — | — | 0,212 | — | — | 0,183 |
| „ | — | 36 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2,440 |
| 3 | 32 | 0 | — | — | 0,113 | — | — | 0,103 | — | — | 0,302 | — | — | 0,232 |
| 4 | 22 | 0 | — | — | 0,095 | — | — | 0,110 | — | — | 0,189 | — | — | 0,202 |
| S 4 | 100 | 0 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,192 | — | — | — |
| 5 | 28 | 0 | — | — | 0,083 | — | — | 0,096 | — | — | 0,166 | — | — | 0,206 |
| „ | — | 10 | — | — | 0,129 | — | — | — | — | — | - | - | — | — |
| „ | — | 24,5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,194 |
| 6 | 35 | 0 | — | — | 0,098 | — | — | 0,103 | - | - | — | — | — | |
| 7 | 45 | 0 | — | — | 0,102 | — | — | 0,120 | - | — | | — | — | — |
| 8 | 50 | 0 | — | — | 0,160 | — | — | 0,123 | - | | | | — | |
| 9 | 32 | 0 | — | — | 0,145 | — | — | 0,144 | | - | — | — | — | |
| 6a | 27 | 0 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,191 | — | — | 0,180 |
| 7a | 38 | 0 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,167 | — | — | 0,137 |
| 8a | 45 | 0 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,253 | — | — | 0,176 |
| „ | — | 43 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,178 |
| 9a | 36 | 0 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,257 | — | — | 0,165 |
| 10 | 60 | 0 | — | — | — | — | — | 0,120 | — | — | 0,219 | — | — | 0,178 |
| 11 | 60 | 0 | — | — | — | 0,094 | 0,153 | 0,176 | 0,056 | 0,118 | 0,234 | — | — | 0,125 |
| 12 | 105 | 0 | — | — | — | 0,108 | 0,191 | 0,198 | 0,081 | 0,147 | 0,227 | 0,080 | 0,143 | 0,130 |
| „ | — | 103 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,155 |
| 13 | 69 | 0 | — | — | — | — | — | 0,137 | — | — | 0,210 | — | — | 0,129 |

## Fahrt S. M. Y. Hohenzollern. Juli—August 1903.

| Datum | Position N. B. | Position Ö. L. | Milligramm im Liter: gefunden Ammoniak als N | $N_2O_3 + N_2O_5$ nach Reduktion N | $NH_3 + N_2O_3 + N_2O_5$ nach Reduktion N |
|---|---|---|---|---|---|
| 1903 | | | | | |
| August 4 | 62° 10′ | 4° 58′ | 0,079 | 0,111 | 0,165 |
| „ 4 | 63° 7′ | 7° 37′ | 0,091 | 0,116 | 0,170 |
| Juli 22 | 65° 17′ | 11° 59′ | 0,074 | 0,124 | 0,200 |
| „ 25 | 67° 32′ | 14° 21′ | 0,074 | 0,115 | 0,185 |

Da die Reduktion der Nitrite und Nitrate mittelst Natriumamalgam teilweise, bei der Bestimmung von Nitrit + Nitrat fast immer mit Bezug auf den gefundenen Gesamtstickstoff zu hohe Werte ergeben, welches ich darauf zurückführen möchte, daß die bei der Zersetzung des Amalgams entstehende Natronlauge aus dem Eiweiß der organisierten Substanz des Meerwassers vielleicht Ammoniak abspaltet, so habe ich die auf den Terminfahrten Februar 1904 gesammelten Wasserproben, sowohl die der Nordsee, als auch

Ostsee zur Reduktion besagter Oxyde des Stickstoffs nicht mit Natriumamalgam behandelt, zumal eine Anzahl Vorversuche zeigte, daß das metallische Magnesium allein diese Verbindungen zu Ammoniak reduziert [1]), jedenfalls schon beim Stehen bei gewöhnlicher Temperatur.

Untenstehend folgen die beiden Tabellen mit den auf diese Weise erhaltenen Resultaten, welche gegen frühere Bestimmungen eine merkliche Reduktion des Mittelwertes des Fehlers zeigen.

## Nordsee. Februar 1904.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Station | gelotete Tiefe | Schöpftiefe | Ammoniak als | Nitrit + Nitrat als | Gesamtstickstoff | Rubrik 4 + 5 | Differenz | | Bemerkungen | |
| | m | m | N | N | N | N | | % | | |
| | | | Milligramm im Liter | | | | | | | |
| 1 | 40 | 0 | 0,071 | 0,168 | 0,200 | 0,239 | + 39 | 19 | | |
| „ | — | 39 | 0,052 | 0,184 | 0,220 | 0,236 | + 16 | 7 | | |
| 2 | 41 | 0 | 0,038 | 0,184 | 0,212 | 0,222 | + 10 | 5 | | |
| 3 | 73 | 0 | 0,036 | 0,196 | 0,240 | 0,232 | — 8 | 3 | N. B. | Ö. L. |
| $\alpha$ | — | 0 | 0,067 | 0,173 | 0,240 | 0,240 | ± 0 | 0 | 57° 11′ | 4° 24′ |
| $\beta$ | — | 0 | 0,060 | 0,193 | 0,232 | 0,253 | + 21 | 9 | 57° 21′ | 4° 45′ |
| $\gamma$ | — | 0 | 0,091 | 0,210 | 0,265 | 0,301 | + 36 | 14 | 57° 15′ | 7° 29′ |
| $\delta$ | — | 0 | 0,092 | 0,270 | 0,315 | 0,362 | + 47 | 15 | 57° 32′ | 7° 29′ |
| $\varepsilon$ | — | 0 | 0,060 | 0,196 | 0,282 | 0,256 | — 26 | 10 | 56° 57′ | 7° 29,5′ |
| $\zeta$ | — | 0 | 0,062 | 0,262 | 0,342 | 0,324 | — 18 | 5 | 56° 47′ | 7° 30′ |
| $\vartheta$ | — | 0 | 0,083 | 0,239 | 0,188 | 0,322 | + 134 | 71 | ungefähr Station 8 | |
| 14 | 35 | 0 | 0,059 | 0,192 | 0,230 | 0,251 | + 21 | 9 | | |
| „ | — | 29 | 0,046 | 0,256 | 0,240 | 0,302 | + 62 | 26 | | |
| 15 | 24 | 0 | 0,041 | 0,316 | 0,250 | 0,357 | + 107 | 43 | | |
| „ | — | 26,5 | 0,073 | 0,294 | 0,271 | 0,367 | + 96 | 35 | | |
| a | — | 0 | 0,42 | 0,252 | 0,693 | 0,672 | — 21 | 3 | zwischen Feuerschiff II u. III | |
| b | — | 0 | 0,36 | 0,247 | 0,643 | 0,607 | — 36 | 6 | Kugelbake Cuxhaven | |

## Ostsee. Februar 1904.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Station | gelotete Tiefe | Schöpftiefe | Ammoniak als | Nitrit + Nitrat als | Gesamtstickstoff | Rubrik 4 + 5 | Differenz | | Bemerkungen |
| | m | m | N | N | N | N | | % | |
| | | | Milligramm im Liter | | | | | | |
| 1 | 20 | 0 | 0,093 | 0,152 | 0,264 | 0,245 | — 19 | 7 | |
| „ | – | 19 | 0,080 | 0,192 | 0,215 | 0,272 | + 57 | 26 | |
| 2 | 35 | 0 | 0,059 | 0,190 | 0,185 | 0,249 | + 64 | 35 | |
| „ | — | 32 | 0,060 | 0,210 | 0,268 | 0,270 | + 2 | 1 | |
| 3 | 32 | 0 | 0,040 | 0,200 | 0,262 | 0,240 | — 22 | 8 | |
| 4 | 22 | 0 | 0,041 | 0,210 | 0,263 | 0,251 | — 12 | 5 | |
| 5 | 28 | 0 | 0,041 | 0,192 | 0,289 | 0,233 | — 56 | 19 | |
| 6 | 35 | 0 | 0,062 | 0,192 | 0,282 | 0,254 | — 28 | 10 | |
| 7 | 45 | 0 | 0,066 | 0,210 | 0,292 | 0,276 | — 16 | 6 | |
| 8 | 50 | 0 | 0,069 | 0,212 | 0,281 | 0,281 | ± 0 | 0 | |
| 9 | 32 | 0 | 0,085 | 0,193 | 0,326 | 0,278 | — 48 | 15 | |
| 10 | 60 | 0 | 0,121 | 0,196 | 0,349 | 0,317 | — 32 | 9 | |
| „ | — | 56 | 0,055 | 0,198 | 0,293 | 0,253 | — 40 | 14 | |
| 11 | 60 | 0 | 0,057 | 0,194 | 0,247 | 0,251 | + 4 | 2 | |
| 12 | 107 | 0 | 0,070 | 0,168 | 0,206 | 0,238 | + 32 | 15 | |
| „ | — | 105 | 0,063 | 0,230 | 0,324 | 0,293 | — 31 | 10 | |
| 13 | 69 | 0 | 0,084 | 0,152 | 0,233 | 0,236 | + 3 | 1 | |

[1]) Zu diesem Zwecke habe ich mir Lösungen von bekanntem Gehalt an Nitrit- und Nitratverbindungen hergestellt und mich überzeugt, daß zum Nachweis geringer Mengen dieser Salze, die bei der Analyse des Meerwassers in Betracht kommen, das Magnesium als Reduktionsmittel genügt.

Zum Schluß möchte ich noch ausdrücklich hervorheben, daß ich mit den von mir berücksichtigten Literaturangaben über Autoren, welche sich mit der Bestimmung von Stickstoffverbindungen im Meerwasser befaßt haben, aus verschiedenen Gründen keineswegs erschöpfend gewesen bin. Einerseits hat mir hier nicht alle Literatur über diesen Gegenstand zur Verfügung gestanden, andererseits soll diese Arbeit gerne zum Abschluß gebracht werden. Ich möchte mir daher vorbehalten, bei der Veröffentlichung weiterer Tabellen, einen Nachtrag beizufügen, welcher über noch fehlende Arbeiten (Schlösing usw.) berichten soll.

# Quantitative Bestimmung der im Meerwasser gelösten Kieselsäure.

Von

Dr. E. Raben-Kiel.

Ebenso wie die Stickstoffverbindungen ist ein nie fehlender Bestandteil der im Meerwasser gelösten Salze die Kieselsäure, da dieselbe jedoch nur durch die Gewichtsanalyse quantitativ bestimmt werden kann, so ist es nötig zur Isolierung derselben größere Mengen Wassers einzudampfen. Zu diesem Zwecke werden an Bord reichlich 3 Liter Wasser durch gehärtete Schleicher-Schüll'sche Filter filtriert und zwar in Blechgefäße aus Zink, da eine längere Berührung des alkalischen Seewassers mit den Wandungen einer Glasflasche eine Aufnahme von Kieselsäure zur Folge haben würde und die nachherige Analyse zu hohe Werte ergäbe. Das Filtrieren des geschöpften Wassers ist nötig, um Organismen wie Diatomeen, Radiolarien usw. auszuscheiden, welche, mit verarbeitet einen unrichtigen Wert für tatsächlich gelöste Kieselsäure geben würden. Genau 3 Liter des so behandelten Wassers werden dann in einer geräumigen Platinschale unter Zusatz von Salzsäure auf dem Wasserbade zur Trockene eingedampft, der trockene Salzrückstand mit dem Platinspatel möglichst fein zerkleinert, nochmals mit Salzsäure durchfeuchtet, wieder getrocknet, und dieses Verfahren im ganzen dreimal durchgeführt, um die Kieselsäure unlöslich zu machen. Schließlich wird der zurückbleibende Salzrückstand noch kurze Zeit — etwa eine Stunde — im Trockenkasten auf 120° erhitzt, bis jegliche Spur von Salzsäure verjagt ist. Hierauf wird der Rückstand mit Salzsäure übergossen, nach etwa 20 Minuten warmes Wasser zugegeben und auf dem Wasserbade erwärmt, bis sich etwa gebildete basische Chloride gelöst haben. Die ungelöst bleibende amorphe Kieselsäure, welche in Flocken in der Flüssigkeit schwimmt wird jetzt durch ein kleines Filter abfiltriert und mit kochendem Wasser so lange ausgewaschen, bis eine Probe des Filtrats, auf Platinblech verdampft, keinen Rückstand hinterläßt oder mit Silbernitrat keine Chlorreaktion mehr gibt. Filter mit Rückstand wird dann im Platintiegel verascht, zunächst über einem guten Bunsenbrenner und schließlich 10 Minuten vor dem Gebläse geglüht, um ganz sicher zu sein, daß der Kieselsäure sämtliches Wasser entzogen ist. Der Glührückstand wird dann im Exsikkator über Schwefelsäure erkalten gelassen und als $SiO_2$ gewogen.

Ist das restierende Siliciumdioxyd nicht rein weiß, resp. höchstens nur eine Spur gelblich gefärbt, so wird der Tiegelinhalt mit einigen Tropfen konzentrierter Schwefelsäure durchfeuchtet und reine Flußsäure zugegeben, worauf die Kieselsäure auf dem Wasserbade als Tetrafluorid verjagt und die Schwefelsäure im Luftbad abgeraucht wird. Es hinterbleibt dann bisweilen noch ein geringer rötlich gefärbter Rückstand, der zur vollständigen Entfernung etwaiger Schwefelsäure mit kohlensaurem Ammon durchfeuchtet und nochmals geglüht und gewogen wird. Das Gewicht dieses Rückstandes ist von dem durch die erste Wägung gefundenen Werte für $SiO_2$ in Abzug zu bringen, um die tatsächlich vorhandene Menge $SiO_2$ feststellen zu können. Auf der beifolgenden Tabelle habe ich die von mir gefundenen Werte zusammengestellt.

## Kieselsäurebestimmung in den im Jahre 1903 auf den Terminfahrten geschöpften Wasserproben.

| | Nordsee | | | | Ostsee | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Milligramm im Liter | | | | | | |
| | Station | | $SiO_2$ | | Station | | $SiO_2$ |
| | | | | 1903 | Februar . . | 8 0 m | 1,5 |
| | | | | | | 44 „ | 1,41 |
| 1903 | Mai . . . . | 1 0 m | 0,60 | | Mai . . . . | 8 0 „ | 0,63 |
| | | 38 „ | 0,461 | | | 43 „ | 0,67 |
| | | 7 0 „ | 0,566 | | | | |
| | | 243 „ | 0,62 | | | | |
| | August . . . | 1 0 „ | 0,933 | | August . . . | 10 0 „ | 0,70 |
| | | 7 0 „ | 1,03 | | | 37 „ | 1,17 |
| | | 265 „ | 1,07 | | | | |
| | November . . | 1 0 „ | 1,133 | | November . . | 1 0 „ | 1,033 |
| | | 38 „ | 1,033 | | | 19 „ | 1,066 |
| | | 4 0 „ | 1,07 | | | 8 0 „ | 1,10 |
| | | 84 „ | 1,033 | | | 44 „ | 1,167 |
| | | 7 0 „ | 1,10 | | | 12 0 „ | 1,033 |
| | | 270 „ | 1,033 | | | 103 „ | 1,103 |

Eingehend mit der Bestimmung der gelösten Kieselsäure im Meerwasser haben sich Murray and Irvine[1]) beschäftigt. Zunächst geben sie auf Seite 235 ihres Berichts eine Zusammenstellung der Resultate der von verschiedenen Autoren gefundenen im Meerwasser enthaltenen Kieselsäure, schwankend von 0,138 gr bis 0,0003 gr $SiO_2$ im Liter. Sehr richtig weisen Murray and Irvine darauf hin, daß die großen Differenzen der Resultate wohl darauf zurückzuführen sind, daß die betreffenden Wasserproben vor der Analyse nicht filtriert wurden und infolgedessen nicht allein die Kieselsäure der Organismen, sondern auch deren phosphorsaurer Kalk mit bestimmt wurde. Sie filtrieren daher, um die Kieselsäure — d. h. die im Wasser wirklich gelöste — zu bestimmen, das Seewasser durch mehrere Lagen von aschelosem Filtrierpapier, oder sie geben zu dem zu prüfenden Quantum Wasser in der Kälte Eiweiß, nach dessen Lösung sie das Gemenge bis zum Gerinnen des Eiweißes erhitzen. Hierbei nehmen sie an, daß das koagulierende Eiweiß die im Seewasser mechanisch beigemengten Teilchen (Organismen) in sich einschließt, so daß dieselben durch Filtration sehr leicht entfernt werden können.

Ob dieses Verfahren zu billigen ist, läßt sich ohne entsprechende Versuche nicht beurteilen. Daß das Eiweiß in der Technik zum Klären von Flüssigkeiten Verwendung findet ist bekannt, doch darf man wohl kaum annehmen, daß sich aus dem Seewasser auf diese Weise sämtliche Organismen entfernen lassen.

Den quantitativen Nachweis der $SiO_2$ führen sie wie üblich aus, nur haben sie nicht den Nachweis geführt, z. B. durch abrauchen mit Flußsäure, daß das von ihnen Gefundene auch tatsächlich Kieselsäure war. Ferner geben sie in ihrem Bericht, Seite 238 Anmerkung an: „The balance used by us was not very delicate; the results can only be relied on to the third place of decimals". Ganz offenkundig haben sie aber ihre Resultate in Grammen pro Liter zusammengestellt, und da es sich höchstens um 1—2 Milligramm $SiO_2$ handeln kann, welche im Wasser gelöst vorhanden waren, so dürften ihre Zahlen wohl nicht ganz zuverlässig sein.

Eine wahrscheinliche, ja sogar erhebliche Fehlerquelle bei der Bestimmung der $SiO_2$, ist nach ihnen in der Gegenwart von Fluoriden zu suchen, indem sie annehmen, daß aus diesen, durch das Eindampfen mit Salzsäure, Fluor in Freiheit gesetzt wird, welches sich mit einem Teil der Kieselsäure als

[1]) Proceed. of the Edinburgh society. 1890—91. Vol. 18. Seite 229 u. f. „On silica and the siliceous remains of organismus in modern seas".

Kieselfluorwasserstoffsäure verflüchtigt. Als Beweis führen beide Autoren 3 Versuche, welche zu diesem Zwecke und folgendermaßen angestellt sind.

Zunächst haben sie sich ein künstliches Meerwasser hergestellt, das gänzlich frei von Kieselsäureverbindungen war. Zu einem Quantum dieses Wassers geben sie dann

„Versuch I", 0,0342 gr $SiO_2$ in löslicher Form und
0,096 gr Natriumfluorid

dann dampfen sie, wie üblich, unter Salzsäurezusatz mehrmals zur Trockene ein und bringen die rückständige $SiO_2$ zur Wägung; den Verlust stellen sie zu 19,6 % fest.

„Versuch II" 0,0342 $SiO_2$ und 0,96 gr Na Fl, Verlust 32,5 %.

„Versuch III" 0,0342 $SiO_2$ und ein großer Überschuß von Na Fl, Verlust 96 %.

Aus diesen Versuchen schließen sie, daß zu dem Betrag an $SiO_2$, den sie im „carefully-filtered" Seewasser gefunden haben, 20 % hinzuaddiert werden müssen, um die wirklich vorhandene Menge zu erfahren. Wenn man jedoch in Betracht zieht, wie wenig Fluorid im Meerwasser vorhanden ist und daß, um 1 Molekül $SiO_2$ zu verflüchtigen 4 Moleküle Natriumfluorid nötig sind, so kann die Gegenwart des Fluorids nicht in Betracht kommen. Wenn genannte Autoren trotzdem der Überzeugung sind, daß sie den für $SiO_2$ gefundenen Wert erhöhen müssen, so haben sie zum mindesten vorher die im Meerwasser vorkommende Menge Fluor festzustellen, und zwar quantitativ.

Weit eher ist aber anzunehmen, daß der für $SiO_2$ gefundene Wert etwas zu hoch ausfällt, da nach Lohmann [1]) einzelne Organismen, Diatomeen etc., die Poren eines gehärteten Filters ungehindert passieren, insofern man nur eine beschränkte Wassermenge durch ein Filter laufen läßt.

Forchhammer [2]) hat sehr viele Kieselsäurebestimmungen im Meerwasser ausgeführt; die von ihm gefundenen Werte sind im Roth [3]) und im Petersburger Bulletin [4]) veröffentlicht. In unten zitierter Arbeit [2]) gibt er keine Zahlen an, sondern beschreibt nur die Art der Abscheidung der $SiO_2$, sowie deren qualitativen Nachweis. „Silica is found in the insoluble remainder from the evaporation of seawater when the salts are dissolved in water. It can be separated from the phosphates and fluorides by dissolving in weak muriatic acid, when it remains undissolved along with small quantities of sulphate of baryta and strontia. In this state it is easily recognized by the blowpipe".

Betreffs der quantitativen Werte, die im Roth [3]) und im Bulletin de St. Pétersbourg [4]) angegeben sind, — Analysen von Forchhammer, C. Schmidt, Schmidt und Bibra u. a. m., — läßt sich nur sagen, daß dieselben teilweise sehr hoch und unwahrscheinlich sind. Ferner ist nicht das Verfahren angegeben, nach welchem die $SiO_2$ abgeschieden ist, so daß es mir nicht unwahrscheinlich vorkommt, daß im Rückstande, der die $SiO_2$ enthalten soll, auch noch andere Verbindungen, Phosphate etc. mit zur Wägung gebracht sind. Des weiteren sind die Wasserproben in Glasflaschen, teilweise sogar ein halbes Jahr und länger, aufbewahrt worden, bevor man zur Analyse schritt; es können also aus dem Glase in einer solch langen Zeit bedeutende Mengen $SiO_2$ in Lösung gehen, die einen viel zu hohen Wert für $SiO_2$ ergeben. Endlich sagt Forchhammer [5]), „Kieselsäure usw. Rückstand", und gibt hiermit selber zu, daß dieser Rückstand eben nicht nur aus Kieselsäure besteht. Genannte Forscher hätten unbedingt den Nachweis liefern müssen, — durch abrauchen mit Flußsäure — daß der von ihnen als Kieselsäure angesprochene Rückstand auch tatsächlich aus $SiO_2$ bestanden hat, was sie aber soweit ersichtlich niemals getan haben.

Auf diese Weise erklären sich dann Werte, welche zum Teil das Zehnfache der von mir gefundenen betragen, aber weiter nichts als Zahlen sind.

[1]) Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, herausgegeben von der Kommission zur Untersuchung der deutschen Meere in Kiel und der biologischen Anstalt auf Helgoland. Abteilung Kiel. Neue Folge. Band 7. 1902. „Neue Untersuchungen über den Reichtum des Meeres an Plankton und über die Brauchbarkeit der verschiedenen Fangmethoden von Dr. H. Lohmann".

[2]) Philosophical transactions of the Royal Society of London for the year 1865. Bd. 155,1. Seite 203 u. f. „On the composition of seawater in the different parts of the ocean". By Georg Forchhammer. Read November 17, 1864.

[3]) Roth. Allgemeine und chemische Geologie. I. 1879.

[4]) Bulletin de l'académio impériale des sciences de St. Pétersbourg. 1878. Hydrologische Untersuchungen von Prof. Dr. C. Schmidt in Dorpat. Bd. XXIII u. XXIV.

[5]) Roth. Allgemeine u. chemische Geologie. I. 1879. Seite 503.

Aus dem Laboratorium für internationale Meeresforschung in Kiel. Biologische Abteilung Nr. 2.

# Die Schätzungsmethode in der Planktonforschung.

Von

Dr. C. Apstein in Kiel.

Mit 2 Figuren und 2 Karten im Text.

Zirkular 2 des „Bureau des Zentral-Ausschusses für die Internationale Meeresforschung“ handelt von den Planktonuntersuchungen im Interesse der Hydrographie. Es ist darin gefordert, die Häufigkeit resp. Seltenheit der Planktonspezies jeden Fanges durch bestimmte Zeichen auszudrücken, zu Tabellen zu vereinigen und diese dem Bureau in Kopenhagen zuzusenden, durch welches die Veröffentlichung in den „Bulletin des résultats acquis pendant les courses périodiques“ geschieht. Die Zeichen cc, c, +, r, rr für valde communis, communis, nec communis nec rarus, rarus, rarissimus sind allgemein für die Publikationen gebraucht. Diese Häufigkeitszeichen können nun auf zweifache Art gewonnen werden. Einmal, und diese Methode benutzen fast alle an den internationalen Untersuchungen beteiligten Planktologen, wird die Häufigkeit oder Seltenheit der Organismen in den Planktonfängen nach dem Augenschein bestimmt, also geschätzt, auf der anderen Seite, meines Wissens ist das nur die Methode der deutschen Planktologen, werden aber alle quantitativen Fänge gezählt und nach weiter unten auszuführender Weise nach den Zählungen die Häufigkeitszeichen gesetzt. Der Wert beider Methoden soll in folgendem näher untersucht werden.

Habe ich einen beliebig zusammengesetzten Fang, so ist es wohl in sehr grober Annäherung möglich nach Durchsicht des Fanges zu sagen, welche Organismen sehr häufig, welche häufig, welche selten und welche sehr selten sind innerhalb dieses Fanges. Ein zweiter Fang, der dieselben Organismen in gleichen Mengenverhältnissen, aber alle Organismen doppelt, dreifach etc. enthielte, könnte ebenso geschätzt werden, auch sogar mit dem ersten Fange direkt verglichen werden, auf Grund der Häufigkeitszeichen. Nun sind aber nie zwei Fänge so gleichartig zusammengesetzt, daß der eine ein Vielfaches des anderen bildet. Einen zweiten, anders zusammengesetzten Fang schätzen wir wieder, so daß die Häufigkeitsangaben für diesen Fang einigermaßen Geltung haben werden. In beiden Fängen haben wir die relative Häufigkeit geschätzt, wir können aber nicht relative Werte vergleichen oder in eine fortlaufende Reihe bringen. Hätte ich in drei aufeinanderfolgenden Fängen je 50000 *Ceratium fusus,* daneben in dem ersten Fange bei der Abfahrt von der Küste Massen von *Scelettonema*, im zweiten Fange in Küstenferne verschwinden die Diatomeen, aber erst im dritten Fange werden die bisher spärlichen *Ceratium macroceros* sehr häufig, so wird jeder Untersucher *Ceratium fusus* in Fang 1 rr, Fang 2 c, Fang 3 rr notieren und nun nach Gründen suchen, warum in Fang 2 diese Art häufig, dagegen in den anderen Fängen so selten ist. In Wirklichkeit aber ist *Ceratium fusus* in allen drei Fängen mit + zu bezeichnen, wie eine Zählung der Fänge ergeben würde. In dem ersten Falle ist eben der Fehler gemacht, daß die relativen Zahlen oder die Häufigkeitszeichen benutzt sind, um eine fortlaufende Reihe von Fängen zu vergleichen. Für den Fang ist es ganz richtig, daß *Ceratium fusus* gegenüber den Mengen von Diatomeen nur ganz selten „rr“ erscheint, ebenso bei Fang 2 „c“ und bei Fang 3 wieder „rr“.

Von den Hydrographen der Internationalen Meeresforschung ist der Wunsch nach solchen Planktontabellen ausgegangen, um mit deren Hilfe die Meeresströme genauer erkennen zu können. Wenn nun in ein und demselben Strome in gewissen Abständen Fänge gemacht sind und die Organismen in ihnen relativ bestimmt sind, so würden die relativen Bestimmungen benutzt werden, um über Abnahme resp. Zunahme von Organismen im Verlaufe des Stromes zu urteilen. Das wird natürlich falsche Resultate, event. recht grobe Irrtümer hervorbringen.

Um nun die Zuverlässigkeit der Schätzung genauer zu prüfen, habe ich zusammen mit meinem langjährigen Mitarbeiter Dr. Rauschenplat 4 Fänge vom August 1904 geschätzt und nachher gezählt.

Es wurden die Fänge von Station 1—4 benutzt (siehe Karte am Schluß der Arbeit), in welchen Ceratien häufig waren, zu denen in den ersten beiden Fängen einige Diatomeen hinzukamen, allerdings nicht solche Arten, die das ganze Plankton beherrschten. Das Resultat ist in der Tabelle I niedergelegt. Die 1. Reihe jeden Fanges enthält das Resultat der Zählung, die 2. Reihe meine, die 3. Reihe Dr. Rauschenplat's Schätzung.

| | 1 39/0 m | A | R | 2 44/23 m | A | R | 3 69/34 m | A | R | 4 84/41 m | A | R |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Actinoptychus* | r | r | — | c | — | — | + | + | r | c | rr | — |
| *Biddulphia mobiliensis* | rr | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| *Cerataulina Bergoni* | r | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — |
| *Chaetoceras atlanticum* | — | — | — | + | r | — | r | — | — | r | — | rr |
| „ *boreale* | — | — | rr | + | + | c | rr | — | r | rr | rr | — |
| „ *Brightwelli* | rr | — | — | + | r | + | rr | — | r | rr | — | — |
| „ *densum* | — | — | rr | + | r | + | — | — | — | — | . | — |
| „ *curvisetum* | — | — | — | c | c | cc | — | — | — | — | — | — |
| „ *debile* | — | — | — | r | — | r | — | — | — | — | | — |
| „ *decipiens* | rr | — | rr | + | + | + | — | — | — | — | — | — |
| *Coscinodiscus concinnus* | r | — | rr | c | + | — | + | + | + | rr | r | — |
| „ *oculus iridis* | — | — | — | + | — | — | + | r | + | r | r | + |
| „ *radiatus* | r | + | rr | rr | — | — | — | — | r | rr | r | rr |
| *Eucampia zodiacus* | c | + | r | cc | + | + | — | — | — | — | — | — |
| *Guinardia flaccida* | c | c | c | c | rr | + | r | r | — | r | — | rr |
| *Lauderia annulata* | + | + | rr | cc | + | c | — | — | — | rr | r | — |
| *Leptocylindrus danicus* | rr | | — | — | — | — | — | — | — | | — | — |
| *Melosira* | ? | — | + | ? | — | rr | r | — | r | r | r | — |
| *Podosira glacialis* | — | r | — | c | — | — | rr | — | — | — | — | — |
| *Rhizosolenia alata* | rr | r | + | r | — | rr | rr | + | rr | rr | — | — |
| „ *semispina* | rr | — | rr | r | rr | r | — | — | — | rr | — | — |
| „ *Shrubsolei* | c | c | — | cc | c | + | + | r | — | + | r | — |
| „ *Stolterfothi* | + | r | r | + | — | — | — | — | — | — | | — |
| „ *styliformis* | c | + | + | cc | cc | cc | r | r | + | r | r | rr |
| *Synedra nitzschoides* | — | — | — | c | r | r | — | — | — | — | — | — |
| *Ceratium arcuatum* | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | r |
| „ *tripos* | c | cc | cc | + | r | rr | c | cc | c | c | c | c |
| „ *bucephalum* | — | — | — | — | — | — | + | r | — | — | — | — |
| „ *longipes* | cc | cc | + | c | + | + | c | + | + | cc | + | c |
| „ *macroceros* | c | + | ? | c | + | + | cc | cc | cc | cc | cc | cc |
| „ *furca* | cc | + | c | c | rr | r | c | + | + | cc | r | + |
| „ *lineatum* | + | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — |
| „ *fusus* | + | r | r | r | r | + | + | + | + | c | c | cc |
| *Dinophysis acuta* | + | rr | — | — | — | — | r | rr | — | — | — | — |
| „ *rotundata* | — | — | — | — | — | — | r | — | — | — | — | — |
| *Diplopsalis lenticula* | — | — | — | — | — | — | — | . | — | — | — | — |
| *Peridinium depressum* | c | cc | cc | + | rr | r | + | c | + | c | c | c |
| „ *divergens* | — | — | — | — | — | — | — | — | — | c | c | + |
| „ *ovatum* | + | + | + | + | rr | + | — | — | — | r | — | — |
| *Pyrophacus* | — | — | rr | + | rr | — | — | — | — | — | — | — |
| *Ptychocylis urnula* | — | — | — | r | — | — | — | — | — | — | — | — |
| *Tintinnus acuminatus* | — | — | — | — | — | — | rr | — | — | rr | — | — |
| *Tintinnopsis beroidea* | + | + | + | rr | rr | rr | — | — | — | — | — | — |
| *Aradnactis albida* | — | — | — | rr | — | rr | — | — | — | — | — | — |
| *Craspedoten* | c | — | r | cc | r | c | r | rr | rr | + | rr | + |
| *Ctenophoren* | — | — | — | cc | — | — | r | — | rr | + | rr | — |
| *Bipinnaria* | — | — | — | rr | — | — | — | — | — | — | — | — |
| *Echinopluteus* | c | c | + | r | — | — | — | — | — | — | — | — |
| *Ophiopluteus* | cc | c | r | cc | + | c | rr | — | — | — | — | — |
| *Planarien* | r | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

| | 1 39/0 m | A | R | 2 41/26 m | A | R | 3 69/34 m | A | R | 4 84/41 m | A | R |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Actinotrocha* | — | — | — | c | — | + | — | — | — | — | — | — |
| Wurmlarven | c | + | — | c | + | rr | c | — | — | rr | — | — |
| „ in Gehäusen | — | — | — | + | + | — | — | — | — | rr | — | — |
| *Mitraria* | — | — | — | c | r | — | — | | | | | |
| *Sagitta bipunctata* | c | c | r | cc | + | c | + | + | + | + | r | r |
| *Tomopteris helgolandica* | + | — | rr | — | — | — | — | — | — | r | — | — |
| Copepodenlarven | c | c | + | c | + | r | c | c | + | + | + | rr |
| „ -junge | + | + | — | ? | r | — | + | r | — | — | — | — |
| *Oithona* | c | c | + | c | + | r | c | c | c | r | r | r |
| *Acartia* | + | — | rr | r | — | + | rr | — | r | rr | — | — |
| *Calanus finmarchicus* | r | r | — | rr | — | — | — | — | — | — | — | — |
| *Centropages hamatus* | r | — | — | r | — | — | rr | — | — | — | — | — |
| *Isias clavipes* | r | r | — | r | — | — | — | — | — | — | | |
| *Pseudocal.* + *Paracalanus* | c | + | + | c | + | r | c | + | + | + | + | r |
| *Temora longicornis* | + | + | + | r | — | r | r | r | + | + | r | r |
| *Microsetella atlanticum* | — | — | — | — | — | — | rr | — | rr | + | rr | — |
| *Evadne Nordmanni* | r | r | — | + | — | — | r | — | rr | rr | rr | — |
| „ *spinifera* | c | r | | | | -- | — | -- | — | — | — | — |
| *Podon intermedius* | c | + | r | rr | — | — | rr | | — | | | |
| Cirripedlarven | r | — | — | r | — | -- | | | — | | — | |
| Decapodenlarven | cc | c | | | | | | | — | | | |
| *Zoea* | cc | r | — | — | — | — | r | — | — | | - | — |
| *Cyphonautes* | r | — | r | rr | -- | | | | — | — | -- | — |
| *Limacina* | c | r | + | rr | — | rr | cc | c | c | cc | + | + |
| Muschellarven | c | + | + | c | r | + | + | + | + | r | r | r |
| *Oikopleura* | c | c | + | c | + | c | + | c | + | + | rr | — |
| *Fritillaria* | ? | + | rr | r | + | — | — | — | — | r | — | — |
| Fischlarven | r | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| *Amphioxus* | r | - | | | — | | | — | — | - | | |
| *Trochiscia multispinosa* | — | — | rr | ? | — | r | ? | rr | + | — | — | — |
| „ *möbiusi* | — | — | — | — | — | — | r | — | — | — | — | — |

Die Menge von Zeichen auf der Tabelle läßt keinen bequemen Vergleich zu, daher habe ich dasselbe Material benutzt, um nachstehende (Fig. 1) Figuren zu zeichnen. Die Horizontale bei jedem Organismus enthält die Fangnummern 1—4, auf der Senkrechten sind die Häufigkeitsangaben: nicht vorhanden, rr, +, c, cc, zu finden. Die ausgezogene Linie ist nach den Zählungen, die gestrichelten Linien nach Dr. Rauschenplat's, die punktierten Linien nach meinen Schätzungen gezeichnet. Wo die Angabe unserer Schätzungen mit der Zählung zusammenfällt, sind die für unsere Schätzungen gewählten Linien nicht angegeben. So heißt es z. B. bei *Peridinium ovatum:* Fang 1—3 hat Rauschenplat richtig geschätzt, Fang 4 diese Art nicht gefunden, während sie noch „r" im Fange war, ich habe Fang 1 richtig geschätzt, Fang 2 die Art nur als „rr" angegeben, während sie „+" war, Fang 3 war sie nicht mehr vorhanden, ebenso habe ich sie Fang 4 nicht mehr gefunden.

Drei Fälle lassen sich unterscheiden:

1. Beide Schätzungen stimmen mit der Zählung überein, das ist nur in einem Falle geschehen, bei *Tintinnopsis beroidea.*
2. Schätzung und Zählung geht in gleichem Sinne, wie z. B. bei *Ceratium macroceros.* St. 1, 2 ist *C. macroceros* häufiger, nimmt nach 3, 4 stark zu, das geht aus den Schätzungen wie Zählungen hervor, allerdings ist die Art in den ersten beiden Fängen häufiger, als wir beiden Untersucher angenommen hatten.

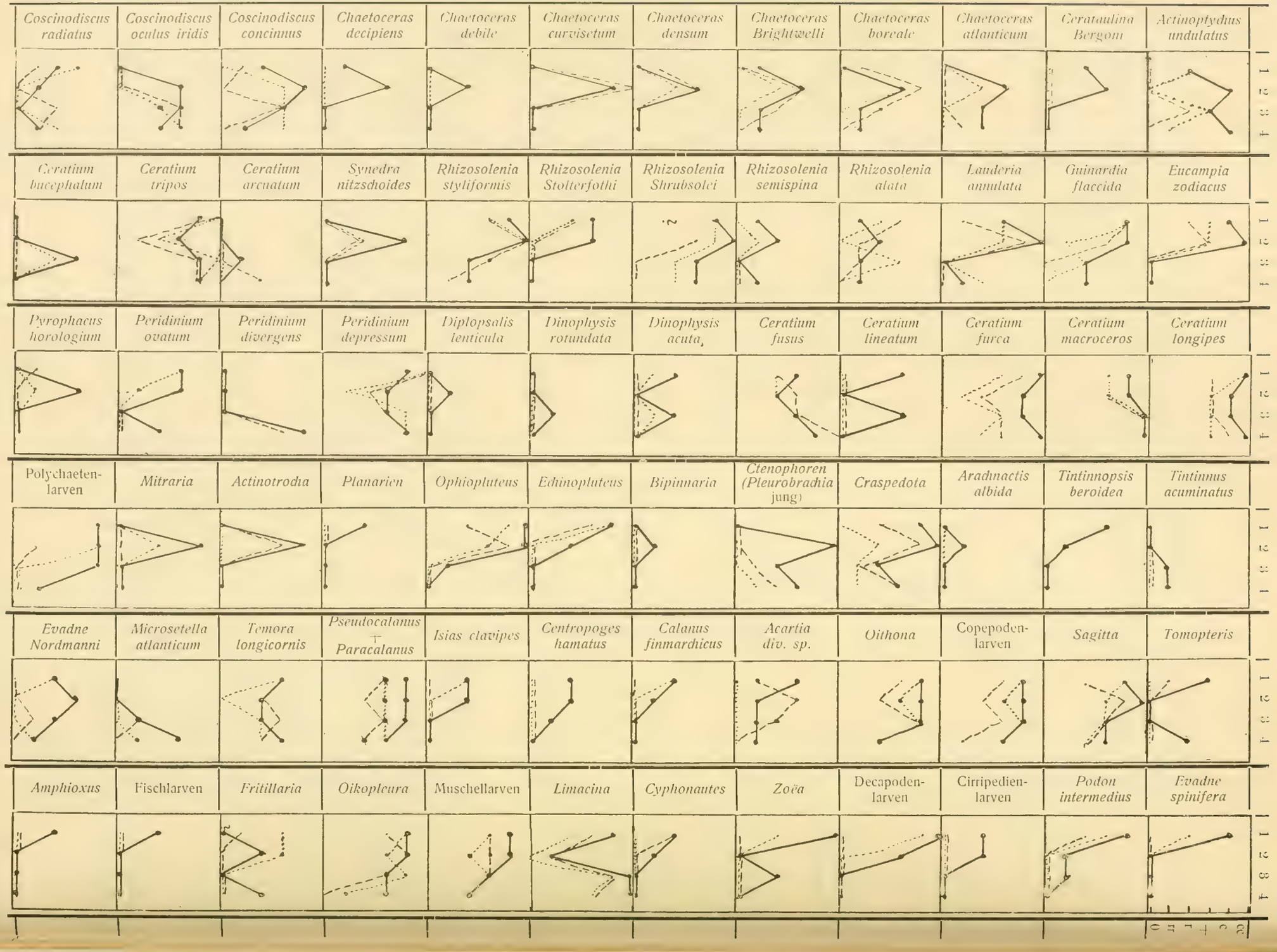



Fig. 1.
Erklärung im Text Seite 107 (5).

3. Schätzung und Zählung laufen in entgegengesetztem Sinne. Z. B. zeigt *Rhizosolenia alata*, daß sie an St. 1, 3, 4 sehr selten war, an St. 2 auf der Doggerbank an Menge zunahm, immerhin aber dort auch nur „selten" war. Die Schätzungen zeigen, daß *Rh. alata* von St. 1 nach 2 stark abnimmt, dann nach der einen Schätzung nach St. 3 stark zunimmt, nach der anderen gleich häufig bleibt, nach St. 4 ganz verschwindet. Die Schätzungen zeigen also gerade das entgegengesetzte Bild als die absolute Zahlen liefernde Zählung. Die Abnahme nach St. 2 würde man mit irgend welchen Verhältnissen der Doggerbank in Verbindung bringen, Verhältnisse, die aber in der Natur nicht zu finden wären.

Es sind außer diesen 3 Fällen noch solche Fälle vorhanden, bei denen die eine Schätzung mit der Zählung stimmt, die andere wenigstens gleichsinnig ist, oder die eine gleichsinnig und die andere entgegengesetzt ist.

So geordnet gruppieren sich die Organismen folgendermaßen:

**Zählung und Schätzung**

| stimmen überein | sind in gleichem Sinne | sind in entgegengesetztem Sinne |
|---|---|---|
| | | *Actinoptychus undulatus* |
| | | *Cerataulina Bergoni* |
| | *Chaetoceras atlanticum* | |
| | *Chaetoceras Brightwelli* | *Chaetoceras boreale* |
| | „ *densum* | |
| *Chaetoceras curvisetum* | *Chaetoceras debile* | |
| | „ *decipiens* | |
| | | *Coscinodiscus concinnus* |
| | | „ *oculus iridis* |
| | *Eucampia zodiacus* | „ *radiatus* |
| | *Lauderia annulata* | |
| | | *Guinardia flaccida* |
| | *Rhizosolenia semispina* | *Rhizosolenia alata* |
| | „ *Shrubsolei* | „ *Stolterfothi* |
| | „ *styliformis* | |
| | *Synedra nitzschoides* | *Ceratium arcuatum* |
| | *Ceratium tripos* | |
| | „ *bucephalum* | |
| | „ *longipes* | |
| | *Ceratium macroceros* | *Ceratium furca* |
| | | „ *lineatum* |
| | | „ *fusus* |
| | *Dinophysis acuta* | |
| | | *Dinophysis rotundata* |
| | | *Diplopsalis lenticula* |
| | *Peridinium depressum* | |
| *Peridinium divergens* | *Peridinium ovatum* | |
| | *Pyrophacus horologium* | |
| *Tintinnopsis beroidea* | | *Tintinnus acuminatus* |
| | *Arachnactis albida* | |
| | *Craspedota* | |
| | | *Ctenophoren (Pleurobrachia* jung) |
| | | *Bipinnaria* |
| | | *Echinopluteus* |
| | | *Ophiopluteus* |
| | | *Planarien* |
| | *Actinotrocha* | |
| | *Mitraria* | |

| stimmen überein | sind in gleichem Sinne | sind in entgegengesetztem Sinne |
|---|---|---|
| | | Polychaetenlarven |
| | | *Tomopteris* |
| | | *Sagitta* |
| | | Copepodenlarven |
| | | *Oithona* |
| | | *Acartia div. sp.* |
| | | *Calanus finmarchicus* |
| | | *Centropoges hamatus* |
| | | *Isias clavipes* |
| | | *Pseudocalanus + Paracalanus* |
| | | *Temora longicornis* |
| | | *Microsetella atlanticum* |
| | *Evadne spinifera* | *Evadne Nordmanni* |
| | *Podon intermedius* | |
| | | Cirripedienlarven |
| | *Limacina* | Decapodenlarven |
| | | *Zoea* |
| | | *Cyphonautes* |
| | Muschellarven | |
| | | *Oikopleura* |
| | | *Fritillaria* |
| | | Fischlarven. |

Daß die Schätzungen so wenig zuverlässig sind, ist ja bedauerlich, denn in entgegengesetztem Falle würde man in bedeutend kürzerer Zeit und mit viel geringerem Arbeitsaufwand für gewisse Zwecke annähernd richtige Resultate erhalten. Daß letztere aber nicht nach der Schätzungsmethode möglich sind, glaube ich, geht aus vorhergehendem klar hervor. Die Planktonforschung beruht auf statistischen Ermittelungen, und ebenso wie z. B. die Ein- und Ausfuhrstatistik nicht in allgemeinen Ausdrücken wie „viel“ und „wenig“ gehalten wird, sondern jedes Stück nach Gewicht resp. Geldwert genau registriert wird, um eine zuverlässige Basis für weitere Rechnungen zu haben, so muß dieses auch von der Planktonstatistik, d. h. der genauen Registrierung der Organismen in einem Fange nach Art und Zahl geschehen. Ebenso wie von den Hydrographen die Temperaturangaben auf 100 stel Grad und die Salzbestimmungen auf 100stel % gemacht werden, muß für die Planktonuntersuchungen ein größerer Grad von Genauigkeit gefordert werden, als nach den subjektiven Schätzungen möglich ist. Zwei Beobachter werden nie gleich schätzen, die Fehlergrenze wird sehr groß, oft ganz gewaltig groß sein, während die Zählungen — bis auf wenige sehr kleine und sehr selten vorkommende Arten — sich doch innerhalb recht kleiner Fehlergrenzen halten. Auch ist bei der Zählung das subjektive Ermessen fast ausgeschlossen — abgesehen bei der bei Schätzung und Zählung gleichmäßig in Betracht kommenden subjektiven Auffassung einiger Spezies — während es bei der Schätzung eine große Rolle spielt, namentlich wenn es sich um größere Formen handelt. Daß aber namentlich die verschiedenartige Zusammensetzung der Fänge die Schätzung ganz illusorisch macht, besonders wenn eine Art stark überwiegt, zeigte ich oben an einem Beispiele, wie sie jeder Untersucher in Mengen zur Hand haben wird.

Unsere Methode ist die bekannte Zählmethode[1]) von Hensen, jedoch haben wir die Zahl der zu zählenden Platten eingeschränkt, so daß wir nur je einmal 0,1; 0,5; 5,0; Rest zählen, eventl. ein kleineres Quantum als 0,1, wenn ein Organismus ganz stark überwiegt. Bei nicht zu großen Fängen ist es möglich, in einem Vormittage einen Fang zu zählen, bei sehr kleinen Fängen, wie z. B. den Schließnetzfängen aus der Tiefe der Norwegischen Rinne, können auch 2 Fänge in derselben Zeit bewältigt werden. Die Zahlen, die aus diesen Zählungen gewonnen werden, werden dann auf ein Quadratmeter Oberfläche umgerechnet (bei dem mittleren Planktonnetz mit Multiplikation mit 80, genauer: 78,5), dann auf 1 cbm Wasser umgerechnet durch Division durch die Höhe des Netzzuges. Waren im Fange z. B. 17500 *Ceratium longipes*

[1]) Ich gehe auf die Zählmethode selbst nicht ein, da sie mehr als einmal ausführlich auseinandergesetzt ist.

gezählt, so fanden sich unter 1 qm 1400000 Individuen und da der Fang von 5—0 m gemacht war, in 1 cbm Wasser: 280000 *Ceratium longipes*. Die 1400000 lassen sich nicht mit Organismen aus anderen Fängen vergleichen, da jene eventl. aus mehr als 5 m Wasserhöhe stammen. Erst die Umrechnung auf 1 cbm gibt ein Einheitsmaß. Kommt es dagegen darauf an, die Gesamtproduktion festzustellen, so hat die ganze Wassersäule, gleichgültig wie tief sie ist, als Einheit zu gelten. Will ich aber sehen, ob ein Organismus in einer Reihe von Fängen an Zahl zu- oder abnimmt, so muß ich die Umrechnung auf 1 cbm Wasser vornehmen oder bei allen Fängen das Netz durch eine gleich hohe Wassersäule ziehen.

Die so gewonnenen Zahlen können allein für weitere Untersuchungen in Betracht kommen und müßten veröffentlicht werden. In dem „Bulletin" soll aber die Zusammensetzung der Fänge durch Häufigkeitszeichen gegeben werden. In folgendem habe ich nun unsere Methode des Ersatzes der Zahlen durch die Häufigkeitszeichen näher auseinandergesetzt. Immerhin bleiben aber auch bei dieser Methode die Häufigkeitszeichen ein dürftiger Notbehelf für die Zahlen. Denn wie aus dem folgenden hervorgeht, ist z. B. das Zeichen „cc" nicht der Ausdruck einer bestimmten Zahl, sondern einer mehr oder weniger großen Zahlenreihe. Bei *Chaetoceras didymum* z. B. kann „cc" nach meiner Häufigkeitstabelle (p. 117) bedeuten 50 Millionen, aber auch nur 10 Millionen in 1 cbm Wasser, und bei *Ch. debile* bezeichne ich 696 Millionen Zellen ebenso wie 10 Millionen Zellen in 1 cbm mit „cc". Das sind so gewaltige Zahlenunterschiede, daß allein die Zahl selbst, aber nicht das Häufigkeitszeichen ein genaues Bild von der Zusammensetzung solch eines Fanges liefern kann.

Um nun für das „Bulletin" unsere Tabellen druckfähig zu machen, sind die für 1 cbm gefundenen Zahlen durch die Häufigkeitszeichen cc, c, +, r, rr zu ersetzen. Zu dem Zweck habe ich für jeden in dem deutscherseits untersuchten Gebiet vorkommenden Organismus die Zahl festzustellen versucht, die das Maximum seines Vorkommens in dem „Internationalen Gebiete" angibt. Die Tabelle II konnte natürlich nicht vollkommen werden, da in anderen Gegenden mancher Organismus häufiger sein wird, als ich es angegeben habe. Da von den anderen an den Internationalen Meeresforschungen beteiligten Staaten aber keine Zahlen vorlagen, so war ich auf meine eigenen Untersuchungen angewiesen. Benutzen konnte ich ferner noch die beiden Arbeiten Hensens über Plankton im 5. und 6. Bericht der Kieler Kommission (angeführt als Hensen 5. 6. Bericht), die Protokolle der Plankton-Expedition, die Protokolle von den Planktonuntersuchungen Brandt und Apsteins im Kieler Hafen, Vanhöffen, Grönlandexpedition und Lohmann, Appendicularien der Plankton-Expedition. Die meisten Angaben lieferten aber meine Untersuchungen auf den Terminfahrten (abgekürzt A. 03,04 d. h. 1903, 1904, 1. 2. 3. 4. = 1. 2. 3. 4. Terminfahrt im Jahre (Februar—November) N O = Nord- oder Ostsee, dann Station [1]). Die Maxima stehen auch nicht fest, da durch jede Terminfahrt sich für den einen oder anderen Organismus eine höhere Zahl ergibt. Zur Zeit kann ich leider nichts besseres bieten.

| Spezies | Unter 1 qm | Tiefe m | in 1 cbm | Zeit | Ort [2] | Autor u. Literatur |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Aphanizomenon flos aquae* | 846 Millionen | 44—0 | 20 Millionen | IX. 87 | O | Hensen Bericht 6 |
| *Nodularia spumigena* | 12 M. [2] | 10—0 | 1,2 M. | 14. VIII. 03 | O | A. 03 3 O 5 |
| *Phaeocystis Poucheti* | 2,3 M. | 5—0 | 0,5 M. | 1. V. 03 | N | A. 03 2 N 8 |
| *Dinobryon balticum* | 11,9 M | 16—10 | 2 M. | 7. V. 03 | O | A. 03 2 O 1 |
| *Halosphaera viridis* | 64000 | 5—0 | 12800 | 1. V. 04 | N | A. 04 2 N 3 |
| *Actinoptychus undulatus* | 80000 | 5—0 | 16000 | „ | N | A. 04 2 N 4 |
| *Asterionella japonica* | 1464 M. | 38—0 | 39 M. | 30. IV. 04 | N | A. 04 2 N 1 |
| *Bacteriastrum varians* | 240000 | 24—0 | 10000 | 11. VIII. 03 | N | A. 03 3 N 15 |
| *Biddulphia aurita* | 680000 | 430—150 | 2430 | 5. V. 04 | N | A. 04 2 N 9 |
| „ *chinensis* | 91,2 M. | 22—0 | 4,1 M. | 12. XI. 03 | N | A. 03 4 N 15 |
| „ *mobiliensis* | 1,6 M. | 38—0 | 40000 | 30. IV. 04 | N | A. 04 2 N 1 |
| *Cerataulina Bergoni* | 112 M. | 38—0 | 2,8 M. | 30. IV. 04 | N | A. 04 2 N 1 |
| *Chaetoceras alle* | 5592 M. | 1,5—0 | 3730 M. | 15. III. 93 | O | Brandt u. A. Kiel |

[1]) siehe Karten am Schlusse der Arbeit.
[2]) O = Ostsee. N = Nordsee. A = Atlant. Ocean. M = Millionen.

| Spezies | Unter 1 qm | Tiefe m | in 1 cbm | Zeit | Ort[1] | Autor u. Literatur |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Chaetoceras atlanticum* | 250 000 | 5—0 | 50 000 | 3. V. 03 | N | A. 03$_2$ N 11 |
| „ *boreale* | 1026 Million. | 20—0 | 51,3 Million. | 15. III. 93 | O | Brandt u. A. Kiel |
| „ *breve* | 11 M. | 5—0 | 2,2 M. | 6. V. 04 | N | A. 04$_3$ N 12 |
| „ *Brightwelli* | 6,4 M. | 46—20 | 240 000 | 2. V. 04 | N | A. 04$_2$ N 6 |
| „ *danicum* | 2,32 M. | 43—35 | 300 000 | 18. II. 03 | O | A. 03$_1$ O 8 |
| „ *cinctum* | 1,76 M. | 20—5 | 117 000 | 2. V. 04 | N | A. 04$_2$ N 6 |
| „ *constrictum* | 3,5 M. | 46—20 | 132 000 | 2. V. 04 | N | A. 04$_2$ N 6 |
| „ *contortum* | 38,4 M. | 5—0 | 7,7 M. | 7. XI. 03 | N | A. 03$_4$ N 7 |
| „ *criophilum* | 28 M. | 39—5 | 824 000 | 1. V. 04 | N | A. 04$_2$ N 3 |
| „ *curvisetum* | 177,6 M. | 5—0 | 35,5 M. | 7. XI. 03 | N | A. 03$_4$ N 8 |
| „ *debile* | 3480 M. | 5—0 | 696 M. | 1. V. 04 | N | A. 04$_2$ N 4 |
| „ *decipieus* | 58,8 M. | 16—10 | 10 M. | 7. V. 03 | O | A. 03$_2$ N 1 |
| „ *diadema* | 15,2 M. | 5—0 | 3,04 M. | 2. V. 04 | N | A. 04$_2$ N 6 |
| „ *didymum* | 283,2 M. | 16—10 | 50 M. | 7. V. 03 | N | A. 03$_2$ N 1 |
| „ *laciniosum* | 25,6 M. | 5—0 | 5,1 M. | 7. XI. 03 | N | A. 03$_4$ N 7 |
| „ *teres* | 8 M. | 5—0 | 1,6 M. | 1. V. 04 | N | A. 04$_2$ N 4 |
| „ *Willei (?)* | 15,6 M. | 38—0 | 410 000 | 30. IV. 04 | N | A. 04$_2$ N 1 |
| *Coscinodiscus concinnus* | 1,76 M. | 27—0 | 66 000 | 7. V. 04 | N | A. 04$_2$ N 15 |
| „ *excentricus* | 20 000 | 250—150 | 200 | 30. IV. 03 | N | A. 03$_2$ N 7 |
| „ *oculus iridis* | 120 000 | 69—39 | 4000 | 1. V. 04 | N | A. 04$_2$ N 3 |
| „ *radiatus* | — | — | 8 M. | 6. VIII. 85 | O | H. Bericht 5 |
| *Ditylum Brightwelli* | 14,995 M. | 18—0 | 800 000 | 15. XI. 85 | O | H. „ 5 |
| *Eucampia zodiacus* | 2,72 M. | 24—0 | 130 000 | 11. VIII. 03 | N | A. 03$_3$ N 15 |
| *Guinardia flaccida* | — | — | 760 000 | 10. XII. 85 | O | H. Bericht 5 |
| *Lauderia annulata* | 56 M. | 38—0 | 1,4 M. | 30. IV. 04 | N | A. 04$_2$ N 1 |
| *Leptocylindrus danicus* | 155,2 M. | 5—0 | 31 M. | 3. V. 03 | N | A. 03$_2$ N 11 |
| *Podosira glacialis* | 16 000 | 5—0 | 3200 | 6. V. 04 | N | A. 04$_2$ N 12 |
| *Rhizosolenia alata* | 2343 M. | 20—0 | 117 M. | 31. VIII. 91 | O | Brandt u. A. Kiel |
| „ *calcar avis* | 720 000 | 24—0 | 30 000 | 11. VIII. 03 | N | A. 03$_3$ N 15 |
| „ *delicatula* | 38,8 M. | 5—0 | 7,8 M. | 3. V. 03 | N | A. 03$_2$ N 11 |
| „ *hebetata* | 160 000 | 5—0 | 32 000 | 2. V. 04 | N | A. 04$_2$ N 6 |
| „ *semispina* | 2325 M. | 22,7—0 | 102 M. | 15. III. 85 | O | H. Bericht 5 |
| „ *Stolterfothi* | 1,6 M. | 5—0 | 0,3 M. | 3. V. 03 | N | A. 03$_2$ N 11 |
| „ *styliformis* | 180 M. | 140—0 | 1,3 M. | 27. VII. 85 | N | H. Bericht 5 |
| „ *Shrubsolei* | 40,3 M. | 24—0 | 1,7 M. | 11. VIII. 03 | N | A. 03$_3$ N 15 |
| *Scelettonema costatum* | 4932 M. | 10—0 | 493 M. | 4. VII. 92 | O | Brandt u. A. Kiel |
| *Stephanopyxis turris* | 1,2 M. | 24—0 | 50 000 | 11. VIII. 03 | N | A. 03$^3$ N 15 |
| *Streptotheca thamensis* | 8000 | 28—0 | 290 | 6. II. 04 | N | A. 04$_1$ N 14 |
| *Synedra Holsatiae (Nitzsch. seriata)* | 2608,2 M. | 100—0 | 26 M. | 23. VII. 89 | A | Pl. Exp. Pl. 13 |
| „ *nitzschoides* | 47 M. | 20—0 | 2,35 M. | 21. XII. 91 | O | Brandt u. A. Kiel |
| *Thalassiosira gravida* | 26,4 M. | 5—0 | 5,28 M. | 2. V. 04 | N | A. 04$_2$ N 6 |
| „ *Nordenskiöldi* | 9376 M. | 29—0 | 323,3 M. | 16. VIII. 92 | A | Vanhöffen Grönland |
| *Thalassothrix longissima* | 11,8 M. | 100—0 | 118 000 | 27. VII. 89 | A | Pl. Exp. Pl. 18 |
| *Ceratium tripos (atlanticum)* | 6,24 M. | 5—0 | 1,28 M. | 7. XI. 03 | N | A. 03$_4$ N 7 |
| „ *balticum* | 506,64 M. | 20—0 | 25,33 M. | 13. X. 92 | O | Brandt u. A. Kiel |
| „ *arcticum* | — | — | ? | — | — | — |
| „ *longipes* | 1,4 M. | 5—0 | 280 000 | 1. V. 03 | N | A. 03$_2$ N 9 |
| „ *bucephalum* | 480 000 | 44—5 | 12 000 | 4. VIII. 04 | N | A. 04$_3$ N 4 |
| „ *macroceros* | 62 M. | 84—44 | 1,55 M. | 4. VIII. 04 | N | A. 04$_3$ N 4 |
| „ *furca* | 3,3 M. | 50—0 | 66 000 | 29. VII. 85 | A | H. Bericht 5 |
| „ *fusus* | 143 M. | 20—0 | 7,15 M. | 3. X. 92 | O | Brandt u. A. Kiel |
| *Dinophysis acuta* | 980 196 | 10—0 | 98 000 | 3. X. 92 | O | „ „ „ |
| „ *acuminata* | 16 000 | 15—0 | 1000 | 8. VIII. 03 | N | A. 03$_3$ N 8 |
| „ *homunculus* | 800 | 75—5 | 11 | 6. XI. 03 | N | A. 03$_4$ N 6 |

[1]) O = Ostsee. N = Nordsee. A = Atlant. Ocean.

| Spezies | Unter 1 qm | Tiefe m | in 1 cbm | Zeit | Ort[1] | Autor u. Literatur |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Dinophysis rotundata* | 80 000 | 5—0 | 16 000 | 6. V. 04 | N | A. 04₂ N 12 |
| *Diplopsalis lenticula* | 4000 | 100—75 | 160 | 30. IV. 03 | N | A. 03₂ N 6 |
| *Goniaulax* sp. | 2000 | 75—40 | 60 | 1. V. 03 | N | A. 03₂ N 9 |
| *Peridinium conicum* | 80 000 | 5—0 | 16 000 | 7. XI. 03 | N | A. 03₄ N 8 |
| „ *depressum* | 1,04 Million. | 39—0 | 26 700 | 2. VIII. 04 | N | A. 04₃ N 1 |
| „ *divergens* | 1,04 M. | 44—5 | 26 000 | 4. VIII. 04 | N | A. 04₃ N 4 |
| „ *ovatum* | 620 000 | 5—0 | 124 000 | 29. IV. 03 | N | A. 03₂ N 5 |
| „ *pellucidum* | 80 000 | 5—0 | 16 000 | 1. V. 04 | N | A. 04₂ N 3 |
| *Prorocentrum micans* | 150 000 | 10—0 | 15 000 | 28. IX. 93 | O | Brandt u. A. Kiel |
| *Polykrikos auricularia* | 240 000 | 5—0 | 48 000 | 6. XI. 03 | N | A. 03₄ N 6 |
| *Pyrophacus horologium* | 160 000 | 44—26 | 9000 | 3. VIII. 04 | N | A. 04₃ N 2 |
| *Challengerien* | 31 338 | 200—0 | 157 | 29. VII. 85 | A | H. Bericht 5 |
| *Acantharien* | 660 000 | 5—0 | 132 000 | 5. XI. 03 | N | A. 03₄ N 3 |
| *Noctiluca miliaris* | 12 000 | 5—0 | 2400 | 1. V. 03 | N | A. 03₂ N 9 |
| *Plagiacantha arachnoides* | 140 000 | 5—0 | 28 000 | 5. XI. 03 | N | A. 03₄ N 3 |
| *Amphorella subulata* | 1,9 M. | 15,5—0 | 130 000 | 16. X. 84 | O | H. Bericht 5 |
| *Codonella campanula* | 800 000 | 30—0 | 26 000 | 15. VIII. 03 | O | A. 03₃ O 9a |
| *Cyttarocylis denticulata* | 80 000 | 5—0 | 16 000 | 29. IV. 03 | N | A. 03₂ N 5 |
| *Ptychocylis urnula* | 8 M. | 32—0 | 250 000 | 6. V. 04 | N | A. 04₂ N 14 |
| *Tintinnopsis fistularis* | 315 991 | 17—0 | 18 000 | 11. IX. 84 | O | H. Bericht 5 |
| „ *ventricosa* | 3 M. | 43—35 | 375 000 | 18. II. 03 | O | A. 03₁ O 8 |
| *Tintinnidium mucicola* | 160 000 | 5—0 | 32 000 | 6. V. 04 | N | A. 04₂ N 12 |
| *Acanthocystis pelagica* Ostf. | 200 000 | 24—0 | 8300 | 17. XI. 02 | N | A. 02₁ N 12 |
| *Arachnactis albida* | 1040 | 5—0 | 210 | 28. IV. 03 | — | A. 03₂ N 3 |
| *Aglantha digitalis* | 400 | 5—0 | 80 | 3. V. 03 | N | A. 03₂ N 11 |
| *Craspedoten* | 2560 | 5—0 | 510 | 4. V. 04 | N | A. 04₂ N 8 |
| *Aurelia aurita* | cc 20 | 5—0 | 4 | — | — | — |
| *Pleurobrachia pileus* | 2000 | 5—0 | 400 | 30. IV. 03 | N | A. 03₂ N 7 |
| *Diphyes* | 3600 | 200—0 | 18 | 29. VII. 85 | A | H. Bericht 5 |
| *Bipinnaria* | 8000 | 38—0 | 210 | 30. IV. 04 | N | A. 04₂ N 1 |
| *Echinopluteus* | 5000 | 5—0 | 1000 | 1. V. 03 | N | A. 03₂ N 10 |
| *Ophiopluteus* | 240 000 | 26—0 | 9200 | 3. VIII. 04 | N | A. 04₃ N 2 |
| Luidialarve | 144 | 85—0 | 2 | 20. II. 95 | N | A. Eiexp. Long Forties St. 40 |
| *Planarien* | 16 800 | 38—0 | 442 | 4. VIII. 03 | N | A. 03₃ N 1 |
| *Actinotrocha* | 80 000 | 24—0 | 3330 | 11. VIII. 03 | N | A. 03₃ N 15 |
| *Mitraria* | 40 000 | 5—0 | 8000 | 28. IV. 03 | N | A. 03₂ N 3 |
| *Polychaeten*larven | 160 000 | 25—5 | 8000 | 4. V. 04 | N | A. 04₂ N 8 |
| *Tomopteris helgolandica* | 1311 | 400—0 | 3½ | 25. VII. 89 | A | Pl. Exp. Vert. 19 |
| *Sagitta bipunctata* | 19 200 | 35—0 | 549 | 3. VIII. 04 | N | A. 04₃ N 3 |
| *Synchaeta* | 3,2 M. | 27—0 | 120 000 | 7. V. 04 | N | A. 04₂ N 15 |
| *Nauplius* | 900 000 | 5—0 | 180 000 | 8. V. 03 | O | A. 03₂ O 2 |
| *Oithona similis* | 1,58 M. | 20—0 | 80 000 | 23. IX. 87 | O | H. Bericht 6 |
| *Acartia* | 280 000 | 33—20 | 21 000 | 13. VIII. 03 | O | A. 03₃ O 2 |
| *Anomalocera Patersoni* | 48 | 5—0 | 10 | 5. VIII. 04 | N | A. 04₃ N 6 |
| *Calanus finmarchicus* | 9600 | 5—0 | 1900 | 2. V. 04 | N | A. 04₂ N 6 |
| „ *hyperboreus* | 111 | 320—0 | 0,33 | 6. VIII. 04 | N | A. 04₃ N 8 |
| *Centropages hamatus* | 158 000 | 20—0 | 8000 | 23. IX. 87 | O | H. Bericht 6 |
| *Euchaeta norvegica* | 875 | 230—0 | 4 | 5. V. 04 | N | A. 04₂ N 10 |
| *Metridia longa* | 1200 | 5—0 | 240 | 30. IV. 03 | N | A. 03₂ N 7 |
| *Paracalanus parvus* | 16 000 | 16—10 | 2700 | 7. V. 03 | O | A. 03₂ O 1 |
| *Pseudocalanus elongatus* | 536 000 | 80—0 | 6700 | 22. IX. 87 | O | H. Bericht 6 |
| *Temora longicornis* | 368 000 | 20—0 | 18 000 | 23. IX. 87 | O | „ „ 6 |
| *Oithona plumifera* | 3200 | 150—70 | 40 | 4. V. 04 | N | A. 04₂ N 8 |
| *Microsetella atlanticum* | 78 000 | 50—20 | 2600 | 29. IV. 03 | N | A. 03₂ N 5 |

[1]) O = Ostsee. N = Nordsee. A = Atlant. Ocean.

| Spezies | Unter 1 qm | Tiefe m | in 1 cbm | Zeit | Ort[1] | Autor u. Literatur |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Chiridius* | 14 | 320—0 | 0,04 | 6. VIII. 04 | N | A. 043 N 8 |
| *Candacia armata* | 32 | 340—0 | 0,1 | 8. VIII. 03 | N | A. 033 N 8 |
| *Centropages typicus* | 880 | 5—0 | 170 | 6. XI. 04 | N | A. 034 N 6 |
| *Heterorhabdus norvegicus* | 43 | 320—0 | 0,14 | 6. VIII. 04 | N | A. 043 N 8 |
| *Euchaeta norvegica* | 875 | 230—0 | 4 | 5. V. 04 | N | A. 042 N 10 |
| *Isias clavipes* | 400 | 39—0 | 10 | 2. VIII. 04 | N | A. 043 N 1 |
| *Oncaea conifera* | 3200 | 27—0 | 119 | 6. II. 04 | N | A. 041 N 15 |
| *Corycaeus anglicus* | 4800 | 5—0 | 960 | 7. XI. 03 | N | A. 034 N 8 |
| *Evadne Nordmanni* | 16 000 | 15—0 | 1070 | 14. VIII. 03 | O | A. 033 O 3 |
| „ *spinifera* | 4000 | 15—0 | 270 | 14. VIII. 03 | O | A. 033 O 3 |
| *Podon intermedius* | 4000 | 10—0 | 400 | 14. VIII. 03 | O | A. 033 O 5 |
| *Bosmina maritima* | 513 000 | 5—0 | 100 000 | 18. IX. 87 | O | H. Bericht 6 |
| *Cirripedien nauplius* | 16 000 | 5—0 | 3200 | 4. V. 04 | N | A. 042 N 8 |
| *Conchoecia* | 1360 | 340—0 | 4 | 8. VIII. 03 | N | A. 033 N 8 |
| *Mysis* | 105 | 105—0 | 1 | 19. VIII. 03 | O | A. 033 O 12 |
| *Parathemisto oblivia* | 240 | 90—35 | 4 | 7. VIII. 03 | N | A. 033 N 6 |
| *Nyctiphanes norvegicus* Larven | 994 | 305—0 | 3 1/3 | 5. VIII. 04 | N | A. 043 N 7 |
| *Nyctiphanes norvegicus* erwachsen | 2 | 230—0 | 0,01 | 5. V. 04 | N | A. 042 N 10 |
| Decapodenlarven | 80 | 5—0 | 16 | 5. 6. V. 04 | N | A. 042 N 10, 11 |
| *Cyphonautes* | 20 380 | 18,5—0 | 1100 | 11. XI. 84 | O | H. Bericht 5 |
| *Limacina retroversa* | 320 000 | 35—0 | 9150 | 3. VIII. 04 | N | A. 043 N 3 |
| Schneckenlarven | 65 830 | 36—0 | 1830 | 6. VIII. 86 | O | H. Bericht 5 |
| Muschellarven | 16 000 | 20—5 | 11 000 | 2. V. 04 | N | A. 042 N 6 |
| *Oikopleura* | 132 276 | 10—0 | 13 000 | 3. X. 92 | O | Brandt u. A. Kiel |
| *Fritillaria* | 240 000 | 27—0 | 9000 | 7. V. 04 | N | A. 042 N 15 |
| *Appendicularia sicula* | 10 540 | 35—0 | 300 | 23. IX. 89 | A | Lohmann Pl. Exp. St. 105 |
| Fischeier | 495 | 15—0 | 33 | 1. V. 95 | N | Eiexpedition Fang 181 |
| Fischlarven | 160 | 38—0 | 4 | 30. IV. 04 | N | A. 042 N 1 |
| *Amphioxus* | 31 280 | 33—0 | 948 | 24. VIII. 02 | N | A. 023 N 14 |
| *Trochiscia* | 80 000 | 5—0 | 16 000 | 1. V. 04 | N | A. 042 N 3 |

Die Maximalzahlen sind sämtlich nach Vertikalfängen (Vertikalnetz, großes Planktonnetz, mittleres Planktonnetz mit Schließapparat, Eiernetz) berechnet. Horizontalfänge sind dafür untauglich, da man bei diesen mit großen Schwierigkeiten kaum die durchfischte Wassersäule feststellen kann. Nehmen wir den günstigsten Fall an, daß kein Wind und Strom das Schiff versetzt, so könnte mit Hilfe einer Logge die vom Schiff durchlaufene Strecke genau festgestellt werden. Der Filtrationskoeffizient für die feinen Oberflächennetze ist sehr hoch und würde sich bei jeder kleinen Änderung der Fahrgeschwindigkeit gewaltig ändern. Für mein kleines Oberflächennetz mit Gaze 12 habe ich früher einmal den Koeffizienten berechnet für langsamste Fahrt des Dampfers. Der Koeffizient war 8, d. h. nur der 8. Teil der Eingangsöffnung filtrierte. In dem günstigsten Falle wäre es vielleicht möglich, die Menge des filtrierten Wassers zu berechnen. So wie Strom und Wind vorhanden sind, das Schiff Fahrt macht mit Strom gegen Wind oder mit dem Winde gegen Strom oder schräge Richtung zu diesen hat, komplizieren sich die Verhältnisse so, daß an eine Berechnung des filtrierten Wasservolumens nicht mehr zu denken ist. Quantitative Angaben ohne Kenntnis des filtrierten Wasservolumens sind wertlos.

Die Maxima, die zum großen Teil durch ihre Höhe überraschen werden, würden zu einem Teile aber noch größer sein, wenn man ganz genau die Höhe der Wassersäule, in denen jeder Organismus lebte, kennen würde. So fanden sich unter 1 qm Oberfläche z. B. 875 Euchaeta. Da alle Euchaeta enthaltenden Fänge mit dem offenen Vertikalnetz aus Tiefen von 2—300 m bis zur Oberfläche gemacht sind, so ist nicht anzugeben, aus welcher Schicht die mitgefangenen Euchaeta stammen. Bei Berechnung auf 1 cbm Wasser muß ich die Zahl 2—300 m (je nach der Tiefe des Fanges) zur Division benutzen und erhalte nun

[1]) O = Ostsee. N = Nordsee. A = Atlant. Ocean.

eine recht kleine Zahl für 1 cbm Wasser. Mir scheint es, als ob Euchaeta in der Norwegischen Rinne und im Skagerak stets in großer Tiefe lebt, sage ich 300—250 m; wäre dieses richtig, so erhielte ich für 1 cbm Wasser 875 : 50 = 18. Aus den Tabellen im „Bulletin" geht aber hervor, daß dieser Copepode von den Schwedischen Forschern im Februar 1904[1]) an den Stationen S 1. 3. 8 an der Oberfläche mit „cc" bezeichnet ist. Ich habe Euchaeta nie an der Oberfläche gefunden, ebensowenig wie *Candacia armata* (Station S 14), *Chiridius armatus* (S 14), *Heterorhabdus norvegicus* (S 8).

Nach den schwedischen Befunden muß ich also zur Berechnung auf 1 cbm Wasser die Höhe der ganzen Wassersäule verwenden. Namentlich würden für manche Diatomeen höhere Maxima aufzuführen sein, wenn z. B. die Plankton-Expedition Fänge aus 5—0 m gemacht hätte. Oft ist in diesen obersten 5 m die Hauptmenge des Materiales — namentlich an Diatomeen — vorhanden. Die Fänge der Plankton-Expedition sind alle aus 200—0 m gemacht und daher muß ich für die Berechnung auf 1 cbm Wasser mit einer 40 mal größeren Zahl dividieren, als wenn die Fänge aus 5—0 m gemacht wären, trotzdem das Resultat des Fanges fast dasselbe hätte sein können. Aus diesem Grunde haben auch die Stufenfänge der Terminfahrten den größten Teil der Maximalwerte geliefert, da die ganze Wassersäule in kleine Abschnitte geteilt ist.

Diese bisher gefundenen Maximalzahlen nehme ich als die absoluten Maxima[2]) an, in denen die Organismen in einer bestimmten Wassermenge (1 cbm) vorkommen. Oben sagte ich schon, daß für manche Organismen sich gewiß größere Werte finden werden, die dann als die Maxima zu gelten haben. Diese Maxima, die dem „cc" entsprechen würden, benutze ich nun, um Abstufungen für die übrigen Zeichen bis zum „rr" zu bilden. Einen Einwand, den man hier machen könnte, will ich gleich besprechen. Sind diese Maxima für das ganze internationale Untersuchungsgebiet gültig, oder sind solche Maxima enthaltenden Tabellen für jeden Meeresabschnitt gesondert aufzustellen? Meine Ansicht ist, daß das Maximum allgemein gültig sein muß. Ein Beispiel mag dieses näher erläutern. Aphanizomenon findet sich bis in die westliche Ostsee (Beltsee). Ein Untersucher daselbst würde, wenn er die übrige Ostsee nicht kennen würde, die Zahl der Aphanizomenon während ihrer Hauptverbeitungszeit als häufig bezeichnen, da ihre Zahl in dieser Zeit im Verhältnis zu der in den übrigen Monaten am bedeutendsten ist. Nun wissen wir aber, daß Aphanizomenon in der östlichen Ostsee in gewaltigen Mengen vorkommt und daß das „absolute" Maximum viel bedeutender ist, als der Beobachter im Westen annimmt. Sein Befund muß darnach korrigiert werden und seine Maximalzahl schrumpft zusammen vielleicht zu unserem „rr". Denn würden wir seine Zahl als c oder cc gelten lassen, so würden wir das Bild erhalten, daß Aphanizomenon im Westen wie Osten gleich gemein ist, was in der Tat aber nicht der Fall ist. Gerade vom Standpunkt der Hydrographen muß diese Anschauung vertreten werden. Wenn Strömungen wirklich von Island bis zum Skagerak kommen, so muß eine Maximalzahl für jeden Organismus gelten, um zu beurteilen, woher der Strom kommt. Einzelne Organismen werden im Verlaufe des Stromes seltener werden, andere bleiben in ihrer Anzahl gleich und wieder andere nehmen eventuell zu, die Verhältnisse sind aber nur zu überschauen, wenn die Maximalzahl allgemein Geltung hat. Ganz klar ist diese Forderung bei Gästen, z. B. solchen Formen aus dem atlantischen Ozean.

Die Abstufungen vom Maximum bis 0 sind, ebenso wie die Maxima für die einzelnen Organismen verschieden. Die Zahlenreihe einfach in 5 Abschnitte entsprechend den Häufigkeitszeichen zu zerlegen, geht nicht an. Die graphische Darstellung möge dieses veranschaulichen.

Die horizontalen Linien entsprechen 5 verschiedenen Organismen. Diese Linien sind durch die vertikalen (punktierten) Linien in 5 gleiche Abschnitte geteilt, entsprechend den 5 Häufigkeitsstufen. Die Zahlen unter den Linien geben an, wie sich die Abstufungen bei Teilung der Linien in 5 gleiche Abschnitte machen würden. Die dicken, senkrechten Linien über den horizontalen geben an, wie ich die Abstufungen gewählt habe.

[1]) Bulletin Februar 1904 p. 118, Organismen Nr. 76.

[2]) Bei kleinen und kleinsten Organismen würden sich bei Filtration durch Taffet die Maxima noch erhöhen.

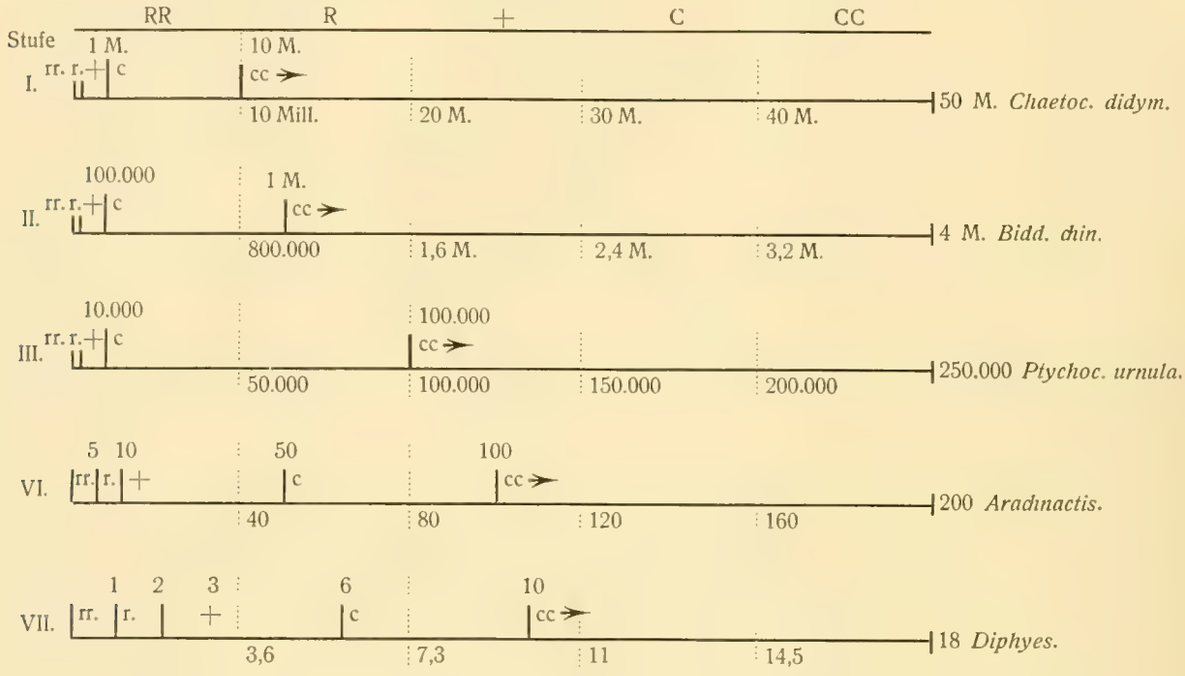



Fig. 2.

Die 50 Millionen *Chaetoceras didymum* als Maximum würden in gleiche Teile zerlegt ergeben:

50—40 Millionen = cc
40—30 „ = c
30—20 „ = +
20—10 „ = r
10—1 „ = rr.

10 Millionen *Ch. didymum* in einem cbm Wasser kann man wohl nicht „sehr selten“ nennen, ich habe daher die Einteilung nach praktischen Erfahrungen folgendermaßen gemacht:

50—10 Millionen = cc
10—1 „ = c
1 Million—100000 = +
100000—10000 = r
10000—1 = rr.

Für Diphyes z. B. würden die Werte lauten:

18—15 = cc
15—11 = c
11— 7 = +
7— 4 = r
4— 1 = rr.

4 Diphyes in 1 cbm Wasser ist aber nicht sehr selten, daher ist die Abstufung gewählt:

18—10 = cc
10— 5 = c
5— 3 = +
2— 1 = r
weniger als 1 (Bruch) = rr.

So ergaben sich folgende 8 Gruppen verschiedener Abstufungen:

| Gruppe | Stufen | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | cc | c | + | r | rr |
| I | — 10 M. | 10 M.—1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1 |
| II | — 1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—1 |
| III | — 100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—1 |
| IV | — 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 |
| V | — 1000 | 1000—100 | 100—50 | 50—10 | 10—1 |
| VI | — 100 | 100—50 | 50—10 | 10—5 | 5—1 |
| VII | — 10 | 10—6 | 5—3 | 2—1 | Bruch |
| VIII | — 1 | Bruch | Bruch | Bruch | Bruch |

Nach ihren Maximalzahlen ordne ich die Organismen in die Gruppen ein, wie folgende Tabelle zeigt.

| Spezies | Maximum | cc | c | + | r | rr | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Aphanizomenon flos aquae* . . | 20 Millionen | — 1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—1 | — |
| *Nodularia spumigena* . . . . | 1,2 M. | — 100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—1 | — |
| *Phaeocystis Poucheti* . . . . | 0,5 M. | „ | „ | „ | „ | „ | — |
| *Dinobryon balticum* . . . . | 2 M. | „ | „ | „ | „ | „ | — |
| *Halosphaera viridis* . . . . | 12 800 | — 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | — |
| *Actinoptychus undulatus* . . . | 16 000 | „ | „ | „ | „ | „ | — |
| *Asterionella japonica* . . . | 39 M. | — 1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—1 | — |
| *Bacteriastrum varians* . . . | 10 000 | „ | „ | „ | „ | „ | 1 |
| *Biddulphia aurita* . . . . . | 2430 | | | | | | 2 |
| „ *chinensis* . . . . | 4,1 M. | — 1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—1 | — |
| „ *mobiliensis* . . . | 40 000 | | | | | | 3 |
| *Cerataulina Bergoni* . . . . | 2,8 M. | „ | „ | „ | „ | „ | — |
| *Chaetoceras* alle . . . . . | 3730 M. | — 10 M. | 10 M.—1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1 | 4 |
| „ *atlanticum* . . . . | 50 000 | — 100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—1 | — |
| „ *boreale* . . . . . | 51,3 M. | — 10 M. | 10 M.—1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1 | — |
| „ *breve* . . . . . | 2,2 M. | — 1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—1 | — |
| „ *Brightwelli* . . . | 240 000 | | | | | | — |
| „ *danicum* . . . . . | 0,3 M. | | | | | | — |
| „ *cinctum* . . . . . | 117 000 | — 100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—1 | — |
| „ *constrictum* . . . | 132 000 | | | | | | — |
| „ *contortum* . . . . | 7,7 M. | — 1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—1 | — |
| „ *criophilum* . . . . | 824 000 | — 10 M. | 10 M.—1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1 | 5 |
| „ *curvisetum* . . . . | 35,5 M. | | | | | | — |
| „ *debile* . . . . . | 696 M. | — 10 M. | 10 M.—1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1 | — |
| „ *decipiens* . . . . | 10 M. | | | | | | — |
| „ *diadema* . . . . . | 3,04 M. | — 1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—1 | — |
| „ *didymum* . . . . | 50 M. | — 10 M. | 10 M.—1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1 | — |
| „ *laciniosum* . . . . | 5,1 M. | | | | | | — |
| „ *teres* . . . . . | 1,6 M. | — 1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—1 | — |
| „ *Willei (?)* . . . . | 410 000 | — 100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—1 | — |
| *Coscinodiscus concinnus* . . . | 66 000 | — 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | — |
| „ *excentricus* . . . | 200 | | | | | | 6 |
| „ *oculus iridis* . . . | 4000 | — 1000 | 1000—100 | 100—50 | 50—10 | 10—1 | — |
| „ *radiatus* . . . . | 8 M. | — 1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—1 | — |
| *Ditylum Brightwelli* . . . . . | 0,8 M. | | | | | | — |
| *Eucampia zodiacus* . . . . . | 130 000 | | | | | | — |
| *Guinardia flaccida* . . . . . | 760 000 | — 100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—1 | — |
| *Lauderia annulata* . . . . . | 1,4 M. | | | | | | — |

| Spezies | Maximum | cc | c | + | r | rr | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Leptocylindrus danicus* . . . . | 31 Millionen | — 10 M. | 10 M.—1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1 | — |
| *Podosira glacialis* . . . . . | 3200 | — | —1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | 7 |
| *Rhizosolenia alata* . . . . . | 117 M. | — 10 M. | 10 M.—1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1 | — |
| „ *calcar avis* . . . | 30 000 | — | —10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—1 | 8 |
| „ *delicatula* . . . . | 7,8 M. | — 1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—1 | — |
| „ *hebetata* . . . . | 32 000 | — 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | — |
| „ *semispina* . . . . | 102 M. | — 10 M. | 10 M.—1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1 | — |
| „ *Stolterfothi* . . . | 0,3 M. | | | | | | — |
| „ *styliformis* . . . | 1,3 M. | — 100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—1 | — |
| „ *Shrubsolei* . . . . | 1,7 M. | | | | | | — |
| *Scelettonema costatum* . . . . | 493 M. | — 10 M. | 10 M.—1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1 | — |
| *Stephopyxis turris* . . . . . | 50 000 | — 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | — |
| *Streptotheca thamensis* . . . . | 290 | — | — | — | — | — | 9 |
| *Synedra holsatiae (Nitzsch. seriata)* | 26 M. | — 10 M. | 10 M.—1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1 | 10 |
| „ *nitzschoides* . . . . . | 2,35 M. | — 1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—1 | — |
| *Thalassiosira gravida* . . . . | 5,28 M. | | | | | | — |
| „ *Nordenskiöldi* . . . | 323,3 M. | — 10 M. | 10 M.—1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1 | — |
| *Thalassothrix longissima* . . . | 118 000 | — | —100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—1 | 11 |
| *Ceratium tripos* . . . . . | 1,25 M. | — 100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—1 | 12 |
| „ *f. balticum* . . . . . | 25,3 M. | — 1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—1 | — |
| „ *arcticum* . . . . . | ? | — | — | — | — | — | 13 |
| „ *longipes* . . . . . | 280 000 | — 100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—1 | — |
| „ *bucephalum* . . . . . | 12 000 | — 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | — |
| „ *macroceros* . . . . . | 1,55 M. | — 100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—1 | — |
| „ *furca* . . . . . | 71 000 | — 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | — |
| „ *fusus* . . . . . | 7,15 M. | — 1 M. | 1 M.—100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—1 | — |
| *Dinophysis acuta* . . . . . | 98 000 | — 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | — |
| „ *acuminata* . . . . | 1000 | — 1000 | 1000—100 | 100—50 | 50—10 | 10—1 | — |
| „ *homunculus* . . . . | 10 | — 100 | 100—50 | 50—10 | 10—5 | 5—1 | 14 |
| „ *rotundata* . . . . | 16 000 | — 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | — |
| *Diplopsalis lenticula* . . . . . | 160 | — | — | —100 | 100—10 | 10—1 | 15 |
| *Goniaulax sp.* . . . . . | 60 | — | — | — | — | — | — |
| *Peridinium conicum* . . . . . | 16 000 | | | | | | — |
| „ *depressum* . . . . | 26 700 | | | | | | — |
| „ *divergens* . . . . . | 26 000 | — 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | — |
| „ *ovatum* . . . . . | 124 000 | | | | | | — |
| „ *pellucidum* . . . . | 16 000 | | | | | | — |
| *Prorocentrum micans* . . . . . | 15 000 | | | | | | — |
| *Polykrikos auricularia* . . . . | 48 000 | „ | „ | „ | „ | „ | — |
| *Pyrophacus horologium* . . . . | 9000 | | | | | | — |
| *Acanthocystis pelagica Ostf.* . . | 8300 | — 1000 | 1000—100 | 100—50 | 50—10 | 10—1 | — |
| *Challengeria* . . . . . | 157 | — 1000 | 1000—100 | 100—50 | 50—10 | 10—1 | — |
| *Acantharien* . . . . . | 132 000 | — 100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—1 | — |
| *Plagiacantha arachnoides* . . . | 28 000 | — 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | — |
| *Noctiluca miliaris* . . . . . | 2400 | — | — | —1000 | 1000—100 | 100—1 | 16 |
| *Amphorella subulata* . . . . . | 130 000 | — 100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—1 | — |
| *Codonella campanula* . . . . | 26 000 | — 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | — |
| *Cyttarocylis denticulata* . . . . | 16 000 | | | | | | — |
| *Ptychocylis urnula* . . . . . | 250 000 | — 100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—1 | — |
| *Tintinnopsis fistularis* . . . . | 18 000 | — 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | — |
| „ *ventricosa* . . . . | 375 000 | — 100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—1 | — |
| *Tintinnidium mucicola* . . . . | 32 000 | — 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | — |
| *Arachnactis albida* . . . . . | 210 | | | | | | — |
| *Aglantha digitalis* . . . . . | 80 | — 100 | 100—50 | 50—10 | 10—5 | 5—1 | 17 |
| *Craspedoten sp.* . . . . . | 510 | | | | | | — |
| *Aurelia aurita* . . . . . | 4 | — 1 | 1/2 | — | — | — | 18 |

| Spezies | Maximum | cc | c | + | r | rr | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Pleurobrachia pileus* | 400 | 100 | 100—50 | 50—10 | 10—5 | 5—1 | |
| *Diphyes* | 18 | 10 | 10—6 | 5—3 | 2—1 | Bruch | |
| *Bipinnaria* | 210 | | | | | | |
| *Echinopluteus* | 1000 | — 1000 | 1000—100 | 100—50 | 50—10 | 10—1 | — |
| *Ophiopluteus* | 9200 | | | | | | |
| *Luidia* | 2 | — 1 | Bruch | — | — | — | 19 |
| *Planarien* | 442 | — 100 | 100—50 | 50—10 | 10—5 | 5—1 | |
| *Actinotrocha* | 3330 | | | | | | |
| *Mitraria* | 8000 | — 1000 | 1000—100 | 100—50 | 50—10 | 10—1 | — |
| Polychaetenlarven sp. | 8000 | | | | | | |
| *Tomopteris helgolandica* | 3½ | — 1 | Bruch | — | — | — | 20 |
| *Sagitta bipunctata* | 549 | — 100 | 100—50 | 50—10 | 10—5 | 5—1 | — |
| *Synchaeta* | 120 000 | 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | — |
| Copepodenlarven | 180 000 | — 100 000 | 100 000—10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—1 | — |
| *Oithona similis* | 80 000 | — 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | — |
| „ *plumifera* | 40 | — | — | —10 | 10—5 | 5—1 | 21 |
| *Acartia* | 21 000 | — 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | — |
| *Anomalocera Patersoni* | 10 | — | — | — | — | — | 23 |
| *Calanus finmarchicus* | 1900 | — | —1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | 22 |
| „ *hyperboreus* | 0,33 | — | — | — | — | — | 24 |
| *Centropages hamatus* | 8000 | — 1000 | 1000—100 | 100—50 | 50—10 | 10—1 | — |
| „ *typicus* | 170 | — 100 | 100—50 | 50—10 | 10—5 | 5—1 | — |
| *Euchaeta norvegica* | 4 | — | — | — | — | — | 24 |
| *Metridia longa* | 240 | — 100 | 100—50 | 50—10 | 10—5 | 5—1 | — |
| *Paracalanus parvus* | 2700 | - 1000 | 1000—100 | 100—50 | 50—10 | 10—1 | — |
| *Pseudocalanus elongatus* | 6700 | | | | | | — |
| *Temora longicornis* | 18 000 | — 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | — |
| *Microsetella atlanticum* | 2600 | — 1000 | 1000—100 | 100—50 | 50—10 | 10—1 | — |
| *Candacia armata* | 0,1 | — | — | — | — | — | 24 |
| *Heterorhabdus norvegicus* | 0,14 | — | — | — | — | — | 24 |
| *Isias clavipes* | 10 | — 10 | 10—6 | 5—3 | 2—1 | Bruch | - |
| *Oncaea conifera* | 119 | — 100 | 100—50 | 50—10 | 10—5 | 5—1 | — |
| *Corycaeus anglicus* | 960 | | | | | | — |
| *Evadne Nordmanni* | 1070 | — 1000 | 1000—100 | 100—50 | 50—10 | 10—1 | — |
| „ *spinifera* | 270 | — 100 | 100—50 | 50—10 | 10—5 | 5—1 | — |
| *Podon intermedius* | 400 | | | | | | — |
| *Bosmina maritima* | 100 000 | — 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | — |
| *Cirripedien nauplius* | 3200 | — 1000 | 100—100 | 100—50 | 50—10 | 10—1 | — |
| *Conchoecia* | 4 | | | | | | 25 |
| *Mysideen* | 1 | — 1 | Bruch | — | — | — | - |
| Euphausidenlarven | 3[1]3 | | | | | | - |
| *Nyctiphanes norvegicus* | 0,01 | | | | — | — | - |
| *Parathemisto oblivia* | 4 | — 1 | Bruch | | — | — | - |
| Decapodenlarven | 16 | 10 | 10—6 | 5—3 | 2—1 | Bruch | — |
| *Cyphonautes* | 1100 | | | | | | — |
| *Limacina retroversa* | 9150 | — 1000 | 1000—100 | 100—50 | 50—10 | 10—1 | — |
| Schneckenlarven | 1830 | | | | | | — |
| Muschellarven | 11 000 | — 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | — |
| *Clio borealis* | — | — | — | — | — | — | 26 |
| *Oikopleura* | 13 000 | — 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | — |
| *Fritillaria* | 9000 | | | | | | — |
| *Appendicularia* | 300 | — 100 | 100—50 | 50—10 | 10—5 | 5—1 | 27 |
| Fischeier | 33 | — 10 | 10—6 | 5—3 | 2—1 | Bruch | — |
| „ larven | 4 | — 1 | Bruch | — | — | — | — |
| *Amphioxus* | 948 | — 100 | 100—50 | 50—10 | 10—5 | 5—1 | — |
| *Trochiscia* | 16 000 | — 10 000 | 10 000—1000 | 1000—100 | 100—10 | 10—1 | — |

Ähnliche Häufigkeitsbestimmungen sind von Johannsen und Levinsen in ihrem Bericht[1]) über Coelenteraten, Chaetognathen, Anneliden, Pteropoden und Appendicularien gemacht. So heißt es z. B. pag. 291 (73) bei *Sarsia tubulosa*

rr = unter 5
r = 5—10
\+ = 10—50
c = 50—100
cc = über 100.

Ob diese Zahlen nur die in der Tabelle stehenden Zeichen illustrieren sollen, oder ob die Organismen in den Fängen wirklich gezählt wurden und nach den Zahlen die Zeichen mit Hilfe der Häufigkeitstabellen gesetzt wurden, darüber habe ich im Text nicht näheres gefunden. Daß für den Fang dieser größeren Organismen immer dasselbe Netz benutzt ist, ist wohl sicher, es ist wohl das kleine Vertikalnetz — den store, aabne Pose (pag. 231 [13]) — das 1 qm Oberfläche befischt. Ob aber die Tiefe, aus denen die Fänge stammen, in Betracht gezogen ist, ist zweifelhaft.

Es betrug die Tiefe an der Station Thyborøn 18 m
Skagens Rev 36 „
Læsø Rende 20 „
Anholt Knob 25 „
Schultz's Grund 25 „
Rødvig 11 „

Wären an jeder Station z. B. 180 Sarsia gefunden, so enthielte 1 cbm an den aufeinanderfolgenden Stationen:

10 Sarsien
5 „
9 „
7 „
7 „
16 „

Die Berechnung auf die Wassereinheit würde also ein anderes Bild geben, als die einfache Benutzung der Zahlen, wie sie die Fänge direkt liefern.

Daß von den dänischen Forschern Johannsen und Levinsen Zahlenangaben gemacht sind, ist wohl ein Zeichen dafür, daß diese Forscher von den einfachen Häufigkeitszeichen „rr" etc. unbefriedigt waren, da niemand anders als der Untersucher sich etwas positives unter diesen Zeichen vorstellen kann. Wenn aber gesagt ist, daß rr weniger als 5 Individuen (pro Fang) bedeutet, dann kann jeder mit Vorteil solch' eine Tabelle wie Seite 290(72)—297(79) lesen und sich das Bild, das der Untersucher der Fänge gehabt hat, annähernd rekonstruieren.

In der Häufigkeitstabelle finden sich einige Fälle, zu denen ich noch kurze Bemerkungen zu machen habe, während für die Mehrzahl der Organismen die Gruppenwahl klar sein wird.

1. *Bacteriastrum* hat ein Maximum von 10000, trotzdem ist dieser Organismus in die 2. Gruppe gesetzt. Es kommt daher, daß 10000 unmöglich das Maximum sein kann. Ich habe im August 1889 zwischen Norderney und Helgoland solche Mengen von *Bacteriastrum* gefunden, daß mir 10000 in 1 cbm Wasser gering erschienen sind. Im Zansibarkanal fand ich von dieser Form 0,5 Millionen in 1 cbm Wasser (Deutsche Tiefsee-Exped. St. 245).
2. *Biddulphia aurita* war am 23. II. und 8. III. 1895 (Eiexpedition St. 57, 115) in der Deutschen Bucht in solchen Massen vorhanden, daß sie fast reines Material lieferte. Das angeführte Maximum von 2430 ist viel zu niedrig. Da ich 1895 keinen quantitativen Fang gemacht habe, kann ich keine bessere Zahl anführen, muß *Bidd. aurita* aber wenigstens in die 2. Gruppe stellen.
3. Dasselbe gilt von *Biddulphia mobiliensis,* die im August 1889 die See um Norderney ganz erfüllte.

[1]) De danske Farvandes Plankton i Aarene 1898—01 in de Kgl. Danske Vidensk, Selsk. Skrifter, 6. Raekke, naturv. og mathem. Afd. XII. 3. 1903.

4. Die Zahl 3730 Millionen für *Chaetoceras* ist die höchste Zahl, die ich überhaupt anführen kann. Es fanden sich in jedem ccm Wasser 3730 Zellen von *Chaetoceras*. Hohe Zahlen für *Chaetoceras*, wenn auch nicht annähernd so hoch, fand ich auf der Deutschen Tiefsee-Expedition: St. 77 Große Fischbay 389 Millionen; St. 93b bei Kapstadt 925 Millionen; St. 158 Westwindtrift 257 Millionen.
5. *Chaetoceras criophilum* habe ich im Maximum mit 0,8 Millionen gehabt. Gran [1]) führt aber an, daß diese Art „besonders im Mai und Juni zwischen Island, Grönland und Jan Mayen in ungeheurer Menge" vorkommt. Daher muß ich für *criophilum* ein ähnliches massenhaftes Vorkommen annehmen, wie für *Ch. curvisetum, debile* etc.
6. *Coscinodiscus excentricus* scheint immer nur spärlich vorzukommen, ob aber 200 als Maximum richtig ist, muß ich hingestellt sein lassen. Ich habe ihn wie *Cosc. oculus iridis* bewertet.
7. Ich glaube, daß *Podosira glacialis* in größerer Zahl gefunden werden kann.
8. *Rhizosolenia calcar avis* habe ich im Dezember 1896 in der Deutschen Bucht zahlreich gesehen, daher ich das Maximum von 30000 nicht gelten lassen kann. Auf der Deutschen Tiefsee-Expedition fand ich diese Art im Golf von Aden mit 204000 in 1 cbm Wasser.
9. *Streptotheca thamensis* habe ich zu selten gesehen, als daß ich sie einer bestimmten Gruppe zuerteilen wollte.
10. *Synedra Holsatiae (Nitzschia seriata)* fand sich in Fang 13 der Planktonexpedition in gewaltigen Mengen: 2608,2 Millionen. Der Fang war aus 200 m gemacht. Für die Rechnung auf 1 cbm Wasser habe ich 100 m angenommen, voraussichtlich ist diese Diatomee aber nur in den obersten Wasserschichten gewesen, so daß das Maximum bedeutend höher sein wird. In der Westwindtrift (Deutsche Tiefsee-Exp. St. 123) fand ich 8,6 Millionen.
11. *Thalassotrix longissima* ist viel häufiger, als ich es angegeben habe. In der Irminger See hat die Planktonexpedition einen Vertikalfang (1 qm Oberfläche) gemacht, der mehrere Liter Material dieser Diatomee lieferte. Da der Fang nicht gezählt ist, kann ich die Zahl der Zellen nicht angeben. Ich glaube aber, daß *Thal. longissima* gewiß in die erste Gruppe gestellt werden muß.
12. Unter *Ceratium tripos* verstehe ich die dem *Cer. balticum* sehr nahe stehende, aber nicht mit ihm übereinstimmende Nordseeform, daher ich für beide Formen getrennte Maximalzahlen angebe.
13. *Ceratium arcticum,* das in grönländischen Gewässern sehr häufig ist, habe ich nur einmal in der Nordsee gefunden. Eine Maximalzahl anzugeben, ist mir nicht möglich.
14. *Dinophysis homunculus* ist eine tropische Art. Das Maximum in der Nordsee war 10, muß im atlantischen Ozean aber bedeutend größer sein. Ich stelle die Art in die 6. Gruppe.
15. Dasselbe gilt für *Diplopsalis lenticula;* aber Stellung in die 4. Gruppe.
16. *Noctiluca* ist zeitweise so häufig, daß das Wasser einem Brei ähnlich ist, daher ist die Zahl von 2400 viel zu klein.
17. *Aglantha digitalis* ist im Ozean viel häufiger, als ich sie in der Nordsee antraf, daher ist ihre Maximalzahl nicht sicher.
18. Ganz große Formen, wie *Aurelia aurita* sind besonders schwer zu beurteilen. In der Kieler Bucht habe ich sie öfter in ausgedehnten Schwärmen beobachtet und nehme an, daß 20 Stück auf 1 qm leicht zu finden sind, wobei ich eine Wassersäule von 0—5 m durchblicke. Das würde für 1 cbm Wasser 4 Stück ausmachen. Häufig würde ich *Aurelia* nennen, wenn ich unter jedem qm Oberfläche eine Qualle sehen würde, also pro 1 cbm 0,2. So würden die Abstufungen weiter gehen und immer größere Brüche entstehen.
19. Die Larve von *Luidia* erreichte mit 2 Individuen pro cbm Wasser ihr Maximum und kann dann wohl als sehr häufig bezeichnet werden, häufig wäre schon weniger als 1 Exemplar pro cbm Wasser.
20. Für *Tomopteris* gilt dasselbe wie für *Luidia.*

[1]) Gran, Die Diatomeen der arktischen Meere in Fauna arctica, pag. 533.

21. *Oithona plumifera* kam in tiefen Fängen regelmäßig vor. Die höchste Zahl, die ich im atlantischen Ozean fand, war 41 für 1 cbm Wasser vor dem Kongo (Deutsche Tiefsee-Expedition St. 68), eine Zahl, die mit der in der Nordsee gefundenen übereinstimmt. Da erstere Zahl aber aus einem Fang von 140 m berechnet ist, ist die Zahl wohl zu niedrig ausgefallen.
22. Das Maximum von 1900 für *Calanus finmarchicus* ist viel zu niedrig, jedoch steht mir keine bessere Zahl zur Verfügung.
23. *Anomalocera Patersoni* lebt ganz an der Oberfläche des Meeres. Vertikalfänge geben daher verhältnismäßig wenig Exemplare, so daß das Maximum von 10 Individuen pro 1 cbm gering erscheinen wird. Horizontalfänge für die Berechnung des Maximums zu verwenden, ist nicht angängig, wie ich oben ausgeführt habe (pg. 114). Im August 1904 fing ich auf der Nordseestation 4 mit dem oberflächlich gezogenen Brutnetz in kurzer Zeit ca. $^1/_3$ Liter reinen Materials dieses Copepoden.
24. *Calanus hyperboreus, Euchaeta norvegica, Candacia armata, Heterorhabdus norvegicus* (ebenso *Aetidius* und *Chiridius*) liefern für 1 cbm Wasser so kleine Zahlen, daß die Bewertung ohne nähere Kenntnis der vertikalen Verteilung auf Schwierigkeiten stößt. Maximalzahlen müssen Untersuchungen in nördlichen Gegenden liefern.
25. Die Maximalzahlen für *Ostracoden, Mysideen, Euphausiden, Amphipoden* sind klein. 1 Individuum in 1 cbm Wasser ist schon sehr häufig, für *Nyctiphanes* ist diese Zahl noch viel zu hoch. Bringt ein Vertikalfang im Skagerak 10 erwachsene *Nyctiphanes*, so ist das eine sehr hohe Zahl. Das Netz befischt 1 qm und bei 300 m Tiefe wäre 300 cbm Wasser filtriert, so daß auf 1 cbm Wasser 0,03 erwachsene *Nyctiphanes* kämen. Die Larven sind ja zeitweilig sehr häufig.
26. *Clio* habe ich nur vereinzelt gefunden. Im Norden ist sie ja so häufig, so daß ich nach meinen Untersuchungen gar keine Maximalzahl anführe.
27. *Appendicularia sicula Fol.* ist eine bisher nur aus den Tropen bekannte Art, die ich im Mai und auch August regelmäßig in den Tiefen der Norwegischen Rinne gefunden habe. Allerdings handelt es sich stets nur um wenige Individuen im Fange. Das Maximum von 300 ergab ein Fang der Plankton-Expedition in der Nähe der Brasilianischen Küste.

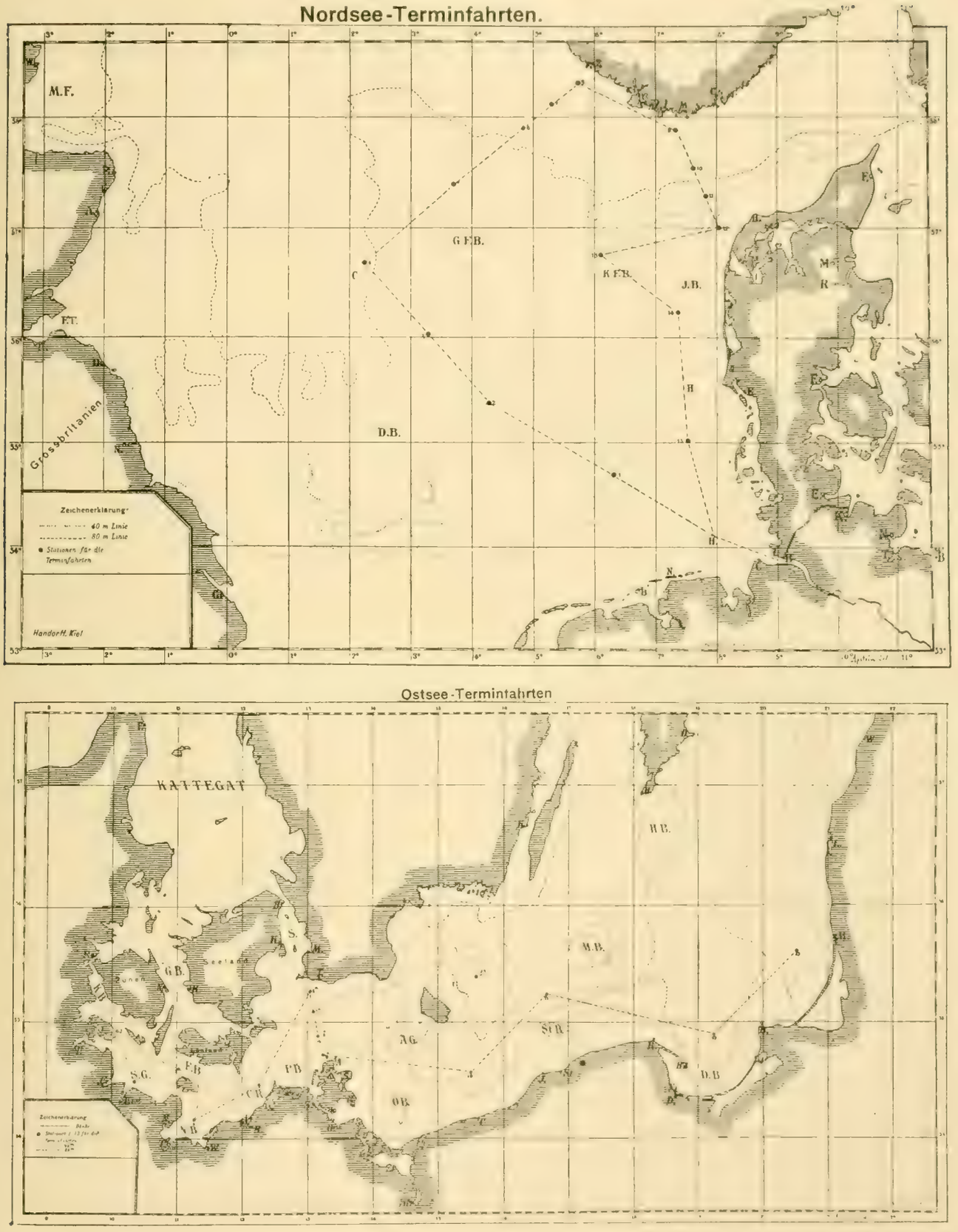
## Zusammenfassung.

Die Schätzung von quantitativen Planktonfängen kann nie ein richtiges Bild geben, noch weniger die von Oberflächenfängen, da man die filtrierte Wassermenge nicht kennt.

Die Schätzung wird durch die Verschiedenartigkeit des Fanges zu sehr beeinflußt. Große Organismen werden in ihrer Zahl leicht zu hoch geschätzt.

Die Schätzung ist subjektiv, ebenso die Auffassung, was häufig, selten ist. Relative Werte kann man nicht miteinander vergleichen.

Nur die Zählung kann ein deutliches Bild des Fanges geben und liefert absolute Zahlen.




Stationen der deutschen Terminfahrten in Nord- und Ostsee.
Fig. 3.

**Arbeiten der deutschen wissenschaftlichen Kommission für die internationale Meeresforschung.**
A. Aus dem Laboratorium der Königl. Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel.
Hydrographische Abteilung. Nr. 2.

# Zweiter Beitrag

zur

# Bestimmung und Verwertung des Gasgehaltes des Meerwassers.

Von

Dr. **Ernst Ruppin.**

Zunächst[1]) möchte ich mich noch einmal[2]) der Aufgabe der Bestimmung von Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure an einer Wasserprobe zuwenden. Ihre Lösung hat viel Verlockendes in sich, denn sie würde gestatten, die Zahl der an Bord zu sammelnden Proben auf die Hälfte zu beschränken. Ich hatte neulich die Meinung ausgesprochen, daß man die gleichzeitige Bestimmung ausführen könnte, wenn man auf die höchste Genauigkeit bei der Feststellung der Kohlensäure verzichten wollte. Dem muß ich leider heute widersprechen. Es gelingt wohl eine einzelne Bestimmung so auszuführen, nicht aber eine große Reihe mit gewisser Schnelligkeit. Bei Massenanalysen wird man stets einen Fehler in der Sauerstoffbestimmung begehen, weil man den Apparat nach jeder Analyse nicht genau genug reinigt, oder man wird mit der Reinigung eine unverhältnismäßige Zeit verlieren.

Dagegen lassen sich leicht einige andere Änderungen an der Methode vornehmen. Das ist ein falscher Ausdruck, denn die Methode ist die alte, aber ein kleiner neuer Kunstgriff ist dabei. Die Entwickelung von Wasserstoff mittels eines Eisenstabes in einem Glasröhrchen hat eine unangenehme Eigenschaft, das ist die schwere Regulierbarkeit der zu entwickelnden Menge. Durch Übung gelangt man ja dahin, die Abmessungen der Öffnungen des Glasröhrchens richtig zu treffen, hat man aber einmal sich versehen, so ist entweder die Entwickelung zu stürmisch, oder es entwickelt sich fast kein Wasserstoff, weil sich die Löcher im Röhrchen mit Gasblasen verstopfen und den ferneren Zutritt der Säure zum Eisen hindern. Ein anderer Mißstand ist der, daß beim Einsaugen der Probe manchmal das Glasröhrchen in die Höhe geschleudert wird und gegen das Thermometer fliegt. Ich habe wenigstens einmal das Unglück gehabt, auf diese Weise ein Thermometer einzubüßen.

Auf folgendem Wege läßt sich die Wasserstoffentwicklung mit Eisen umgehen. Man schmilzt in das Siedegefäß eine Elektrode ein und nimmt das Quecksilber zur andern Elektrode, in dem man oberhalb des Absperrhahns ein Stückchen Platindraht einschmilzt. Die Elektrode im Kochgefäß verbindet man mit dem Zinkpol, die im Quecksilber mit dem Kohlepol eines kleinen Chromsäuretauchelementes oder einer beliebigen anderen Elektrizitätsquelle, die gestattet, kleine regulierbare Mengen zu entnehmen. Man läßt den Strom erst durch den Apparat gehen, wenn die Kohlensäure in der Hauptsache ausgetrieben ist. 10 ccm entwickelter Wasserstoff genügen vollständig, um die letzten Reste Kohlensäure aus der Flüssigkeit auszuwaschen. Chlor entwickelt sich bei dieser Anordnung nicht, es wird dafür Quecksilber angegriffen.

Außerdem möchte ich noch einen Weg zur Austreibung der Kohlensäure vorschlagen. Das Wesen dieser von Pettersson[3]) angegebenen Methode besteht ja nicht in der Entwickelung von Wasserstoff, sondern darin, die Kohlensäure aus der Flüssigkeit auszuspülen durch ein fremdes Gas. Nehmen wir dazu einmal statt Wasserstoff Sauerstoff.

In jedem Handbuch der anorganischen Chemie ist zu finden, daß Wasserstoffsuperoxyd sich beim Siedepunkt seiner Lösung in Wasser und Sauerstoff ersetzt. Diese Eigenschaft können wir für unseren Zweck benutzen. Aber die Entwickelung von Sauerstoff geht zu langsam vor sich. Nun sind wir durch Ostwald[4]) daran gewöhnt worden, für Vorgänge, die für unsere Zwecke zu langsam verlaufen, nach Beschleunigern zu suchen (Katalysatoren). Für Wasserstoffsuperoxyd in neutraler Lösung hat kürzlich

[1]) Vortrag gehalten auf der Versammlung der hydrographischen Assistenten. Kopenhagen, Juli 1904.

[2]) Vgl. den ersten Beitrag in den Wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen Abt. Kiel, N. F. Bd. 7, S. 139 ff.

[3]) Scottish Geographical Magazine 1894, pag. 293, oder Ber. d. Deutsch. Chem. Gesellschaft 1890, Bd. XXIII pag. 1402.

[4]) Vortrag gehalten auf der Naturforscher- und Ärzte-Versammlung, Hamburg 1901.

J. H. Walton jr.[1]) die Beschleunigung der Reaktion

$$2\,H_2O_2 = 2\,H_2O + O_2$$

durch Jodide gemessen. In saurer Lösung hat sich mir Eisenchlorid als praktisch erwiesen. 2½ ccm der gewöhnlichen offizinellen Wasserstoffsuperoxydlösung mit 2½ ccm einer Eisenchloridlösung, die in 100 ccm 2½ g käufliches Eisenchlorid enthält, entwickeln genug Sauerstoff mit hinreichender Geschwindigkeit. Man läßt die Flüssigkeit, nachdem der größte Teil der Kohlensäure ausgetreten ist, durch den oberen Dreiweghahn des Knudsen'schen Apparates eintreten und verfährt wie üblich weiter. Im Gasgemenge hat man nun blos Kohlensäure, Stickstoff und Sauerstoff. Nach Absorption von Kohlensäure und Sauerstoff bleibt der im Wasser vorhanden gewesene Stickstoff über, nach Abzug der geringen Menge, die man durch die 5 ccm Wasserstoffsuperoxyd + Eisenchloridlösung + Schwefelsäure hineingebracht hat. Da man nun leicht an Bord den Sauerstoff nach Winkler[2]) titrieren kann, so kommt man auf diesem Wege zur Reduktion der Zahl der einzusammelnden Proben.

Nächst den Kohlensäurebestimmungen sind die des Stickstoffs von Interesse. Nicht die Methodik, denn mit Knudsen's Apparat lassen sie sich leicht, sicher und schnell ausführen, wohl aber die Verwertung der erhaltenen Zahlen. Jakobsen[3]) hatte die These aufgestellt, daß das Meerwasser stets mit Stickstoff gesättigt wäre. Dann ist später von Tornö[4]) der Satz aufgestellt, daß man aus dem Stickstoffgehalt auf die Temperatur schließen könnte, mit der das Wasser zum letzten Male an der Oberfläche gewesen war, unter Betonung, daß man es mit normalem Barometerstand zu tun hätte. Herr Knudsen[5]) hat neulich gezeigt, daß man bei diesem Schlusse argen Irrtümern unterworfen sein kann, da sich durch Mischung verschieden temperierten und verschieden salzigen Wassers stets zu tiefe Absorptionstemperaturen berechnen.

Der Einfluß des Barometerstandes wird ja meistens unbedeutend sein, da sich die Schwankungen ziemlich rasch in unseren Breiten ausgleichen. Auf einer der Terminfahrten (Februar 1904) hatten wir jedoch mehrere Tage hintereinander tiefen Barometerstand. Ich habe die Gelegenheit benutzt und einige Proben für Gasanalysen genommen. Aus der nachstehenden Tabelle erhellt, daß immerhin 2—3 Tage vergehen, ehe sich das Oberflächenwasser mit der Atmosphäre von niederem Druck ins Gleichgewicht setzt. Man

Tabelle I.

| Station | Tiefe | Salz | Temperatur beobachtet | Absorptions-temperatur berechnet | ccm $N_2$ | Barometer corr. b | $N_2$ ccm gesättigt bei 760 mm | $N_2$ ccm gesättigt bei b mm | Datum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $O_1$ | 5 | 16,73 | 1,58 | 2,1 | 16,14 | 742,7 | 16,25 | 15,88 | 9. 2. 04 $6^h$ p. m. |
| $O_2$ | 0 | 17,57 | 1,8 | 2,2 | 15,92 | 737,8 | 16,07 | 15,60 | 10. 2. 04 $1^h$ a. m. |
| $O_3$ | 0 | 12,03 | 1,65 | 1,5 | 16,83 | 733,1 | 16,78 | 16,19 | 10. 2. 04 $3^h$ p. m. |
| $O_4$ | 1 | 14,15 | 1,60 | 1,9 | 16,44 | 734,0 | 16,55 | 15,99 | 10. 2. 04 $10^h$ p. m. |
| $O_5$ | 1½ | 8,33 | 1,9 | 3,1 | 16,66 | 732,7 | 17,15 | 16,53 | 11. 2. 04 $4^h$ a. m. |
| $O_8$ | 1½ | 7,7 | 2,0 | 2,9 | 16,83 | 732,8 | 17,19 | 16,58 | 11. 2. 04 $6^h$ p. m. |
| — | 3 | 7,7 | 2,0 | 3,0 | 16,81 | 732,8 | 17,19 | 16,58 | 11. 2. 04 $6^h$ p. m. |
| $O_{10}$ | 5 | 7,48 | 2,86 | 4,0 | 16,41 | 743,6 | 16,78 | 16,43 | 14. 2. 04 $3^h$ p. m. |

[1]) Zeitschr. f. Physikal. Chemie, Bd. 47, pag. 214.
[2]) König, die Untersuchung landwirtschaftl. und gewerbl. wichtiger Stoffe 1898, pag. 623.
[3]) Ann. Phys. u. Chem. Bd. 167, p. 22.
[4]) Den Norske Nordhavs Expedition, Chemi af Hercules Tornœ, p. 72.
[5]) Conseil Permanant International pour l'Exploration de la Mer, Publications de Circonstance Nr. 4.

sieht aber, daß die Absorptionstemperaturen sich leicht um einen Grad zu hoch berechnen ohne Berücksichtigung des Barometerstandes, bei höheren Temperaturen würden die Barometerstände sogar ausgereicht haben ca. 2° höhere Absorptionstemperaturen vorzutäuschen. Rechnet man hierzu noch, daß Analysenfehler gelegentlich bis 0,3 ccm pro Liter vorkommen (in der Regel sind sie allerdings viel geringer), so sieht man, daß man bis 3° falsche Absorptionstemperaturen errechnen kann.

Ein weiterer Umstand, der den Gehalt an Stickstoff im Meerwasser beeinflussen kann ist der, den Knudsen[1]) als „putrification" bezeichnet hat. Ich möchte dafür lieber sagen: biologische Wirkungen. Von Baur[2]) und Feitel[3]) sind auf Anregung von Prof. Brandt, ebenso von Gran[4]), aus dem Meerwasser und Schlamm Bakterien isoliert worden, die aus Nitriten und Nitraten Stickstoff frei machen, auch gibt es Bakterien, die aus Ammoniak[5]) Stickstoff entbinden können. Tritt eine solche Wirkung in einem abgeschlossenen Meeresteil ein, so ist zu bedenken, daß das Wasser noch beträchtlich mehr Stickstoff zu lösen vermag als es bei seiner Sättigung an der Oberfläche enthält, denn dort steht es im Gleichgewicht mit einer Atmosphäre von $^4/_5$ Stickstoffgehalt, es vermag also aus einer Stickstoffatmosphäre noch $^1/_4$ aufzunehmen.

Die Menge der zersetzbaren anorganischen Stickstoffverbindungen ist gar nicht so gering. Auch ohne daß immer neues Ammoniak sich bildet, sind genug anorganische Stickstoffverbindungen im Meerwasser vorhanden, um gelegentlich 0,3 ccm Stickstoff pro Liter erzeugen zu können, vergl. Raben[6]). Ferner muß man noch mit der Möglichkeit rechnen, daß auch andere indifferente Gase, z. B. Wasserstoff, mit entwickelt werden. Bei der bisher üblichen Methode der Analyse der Meeresgase würde er wohl stets als Stickstoff mit bestimmt worden sein.

Doch nicht bloß Bedingungen, die eine Übersättigung mit Stickstoff hervorrufen können, sind unter Berücksichtigung von biologischen Vorgängen denkbar, sondern auch solche, welche ein Stickstoffmanko hervorrufen. Von Beneke und Keutner[7]) sind Bakterien isoliert worden, die, allerdings bloß bei reichlicher Zufuhr von organischem Nährmaterial, freien Stickstoff zu binden vermögen. Reinke[8]) schreibt ihnen sogar eine große Bedeutung für den Kreislauf des Stickstoffs zu. Denken wir uns einen Meeresteil, zurzeit wenig bewegt, mit starkem Algenwachstum, so kann der im Wasser vorhandene Stickstoff verbraucht werden, ehe neuer aus der Atmosphäre gelöst wird. Um mir ein Bild von der Größe dieser Vorgänge zu machen, habe ich folgende Versuche angestellt:

Ich habe die Röhren, in denen die Wasserproben gesammelt wurden, sorgfältig in trockner Hitze sterilisiert. Der Wasserschöpfer konnte leider nicht sterilisiert werden. Beim Entnehmen der Wasserproben wurde zugleich mit steriler Pipette etwas sterile Nährlösung in die Röhre gebracht. Das geschah auf folgende Weise: Die Pipette endigt neben der Einsaugeöffnung der Pettersson'schen Scheere; hat man den Ausfluß der Pipette in der Flamme so weit zusammenfallen lassen, daß die Ausflußzeit für 1 ccm ca. 10 Sekunden beträgt, so werden die Nährlösungen beim Einströmen des Meerwassers in das evakuierte Rohr mit hineingesaugt. Die Zusätze betrugen in einem Vorversuch, wobei nicht steril gearbeitet wurde, Februar 1904, pro Rohr von ca. 275 ccm 0,1 g Traubenzucker oder 0,1 g Natriumnitrit oder je 0,1 g von beiden. Im Mai 1904 arbeitete ich, so weit es möglich war, aseptisch. Als Nährlösungen, von denen je 1 ccm auf ca. 300 ccm Meerwasser kam, wurden verwendet:

| | |
|---|---|
| 10 g $NaNO_2$ | in 100 ccm |
| 10 g Traubenzucker | „ 100 „ |
| 10 g Pepton (Witte) | „ 100 „ |

[1]) The Danish Ingolf Expedition, vol. 1, pag. 150.
[2]) Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen. K. Kommission Kiel. N. F. Bd. 6, pag. 9.
[3]) Do. Bd. 7, pag. 89.
[4]) Bergen Museum Aarbog 1901, Nr. 10.
[5]) Tacke, Landwirtsch. Jahrbücher 1889, Bd. XVIII, pag. 439, und E. Godlewski, Zentralbl. f. Bakteriologie Abt. II 1896, Bd. 2, pag. 458.
[6]) Wissensch. Meeresuntersuchungen. K. Kommission Kiel. Bd. 8, pag. 85.
[7]) Ber. der Deutschen Botanischen Gesellschaft, Bd. 21, pag. 333.
[8]) Ebenda, Bd. 21, Heft 7 u. 8.



OCEANOGRAPHICAL LABORATORY LIBRARY

10 g $NaNO_2$ + 10 g Traubenzucker in 100 ccm
10 g $NaNO_2$ + 5 g Pepton „ 100 „
10 g Traubenzucker + 10 g Pepton „ 150 „
10 g $NaNO_2$ + 10 g Traubenzucker + 5 g Pepton „ 150 „
10 g Traubenzucker + 5 g $Na_2HPO_4$ crist. „ 100 „

Tabelle II. Februar 1904.

| Station | Tiefe | Zusatz | N | H | O | % $O_2$ | N | H | O | % $O_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $O_1$ | 5 | Cu $Cl_2$ | 16,25 | — | 8,34 | 33,9 | 16,03 | — | 8,26 | 34,0 |
| — | — | 0 | 16,10 | — | 8,17 | 33,6 | 16,02 | — | 8,32 | 34,2 |
| — | — | Glykose | 46,6 | | 0 | — | 23,01 | | 0 | — |
| — | — | Na $NO_2$ | 16,11 | — | 7,68 | 32,1 | 16,17 | — | 6,03 | 27,1 |
| — | — | Na $NO_2$ + Glykose | 23,6 | 0 | 0 | 0 | 20,88 | 0 | 0 | 0 |
| $O_{10}$ | 56 | Cu $Cl_2$ | 15,15 | — | 4,01 | 21,1 | 14,86 | — | 3,82 | 20,5 |
| — | — | 0 | 14,87 | — | 3,97 | 21,1 | 14,75 | — | 4,39 | 23,0 |
| — | — | Glykose | 14,72 | — | 0,23 | 1,55 | 14,80 | — | 0,06 | 0,4 |
| — | — | Na $NO_2$ | 14,86 | — | 4,09 | 21,6 | 15,04 | — | 3,83 | 20,3 |
| — | — | Na $NO_2$ + Glykose | 20,21 | 0 | 0,23 | 1,1 | 25,52 | 0 | 0,09 | 0,3 |
| $O_{10}$ | 5 | Cu $Cl_2$ | 16,39 | — | 7,62 | 31,75 | 16,34 | — | 8,54 | 34,3 |
| — | — | 0 | 16,54 | — | 8,53 | 34,0 | 16,39 | — | 8,66 | 34,6 |
| — | — | Na $NO_2$ | 16,25 | — | 8,49 | 34,3 | N + O = 24,52 | 0 | — | — |
| — | — | Glykose | 16,60 | 6,65 | 0 | 0 | 16,24 | — | 0 | 0 |
| — | — | Na $NO_2$ + Glykose | 24,73 | 0 | 0,49 | 2,0 | 41,79 | — | 0 | 0 |
| $O_{12}$ | 105 | Cu $Cl_2$ | 16,13 | — | 1,39 | 7,7 | 16,09 | — | 1,53 | 8,7 |
| — | — | 0 | 16,20 | — | 1,56 | 8,8 | 16,11 | — | 1,70 | 9,6 |
| — | — | Glykose | 16,45 | | — | — | 16,17 | 0 | 0 | 0 |
| — | — | Na $NO_2$ | 15,92 | — | 1,83 | 10,3 | 16,02 | — | 1,62 | 9,2 |
| — | — | Glykose Na $NO_2$ | 15,90 | — | 1,79 | 10,1 | 33,45 | 0 | 0 | 0 |
| | | | 1. Röhre | | | | 2. Röhre | | | |

Mai 1904.

| Station | Tiefe | Zusatz | N | H | O | % O | N | H | O | % O | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $O_{10}$ | 5 | Phenol | 16,28 | — | 8,53 | 34,4 | 16,29 | — | 8,61 | 34,6 | — |
| — | — | 0 | 16,04 | — | 8,45 | 34,5 | 16,17 | — | 8,39 | 34,1 | — |
| — | — | Na $NO_2$ | 16,30 | — | 8,55 | 34,5 | 16,61 | — | 6,18 | 27,3 | — |
| — | — | Glykose | 16,24 | — | 4,39 | 21,3 | 16,25 | — | 0,11 | 0,7 | — |
| — | — | Pepton | 16,63 | — | 0 | — | 16,52 | — | 0 | — | — |
| — | — | Na $NO_2$ + Glykose | 16,44 | — | 0,18 | 1,0 | 16,55 | — | 1,0 | 5,7 | — |
| — | — | Na $NO_2$ Pepton | 34,90 | 0 | 0 | 0 | 23,21 | 0 | 0 | 0 | — |
| — | — | Pepton + Glykose | 16,83 | 7,33 | 0 | 0 | 16,33 | 0 | 0 | 0 | — |
| — | — | Na $NO_2$ Pepton Glykose | 24,71 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — |
| — | — | Glykose Phosphat | 16,34 | — | 3,17 | 16,3 | 16,32 | — | 0 | 0 | — |
| | | | 1. Röhre | | | | 2. Röhre | | | | |

Mai 1904.

| Station | Tiefe | Zusatz | N | H | O | % O | N | H | O | % O | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1. Röhre | | | | 2. Röhre | | | | |
| $O_{10}$ | 58 | Phenol | 16,26 | — | 6,24 | 27,7 | 16,31 | — | 6,35 | 28,0 | — |
| — | — | 0 | 16,17 | — | 3,55 | 18,1 | 16,14 | — | 5,98 | 27,0 | — |
| — | — | $NaNO_2$ | 16,31 | — | 6,04 | 27,0 | 16,39 | — | 5,45 | 25,0 | — |
| — | — | Glykose | 16,23 | 0,32 | 0,09 | 0,6 | 16,39 | — | 0,04 | 0,26 | — |
| — | — | Pepton | 16,63 | — | — | — | 16,51 | — | 0,12 | 0,74 | — |
| — | — | $NaNO_2$ Glykose | 16,61 | 0 | 0,15 | 0,9 | 21,21 | 0 | 0,67 | 3,06 | — |
| — | — | $NaNO_2$ Pepton | 18,82 | 0 | 0,78 | 3,9 | 17,24 | 0 | 0,92 | 5,07 | — |
| — | — | Glykose Pepton | 16,25 | 4,03 | 0 | 0 | 16,29 | 0 | 0 | 0 | — |
| — | — | $NaNO_2$ Glykose Pepton | 16,34 | 0 | 6,13 | 27,3 | 37,26 | 0 | 3,30 | 8,15 | — |
| — | — | Glykose Phosphat | 16,27 | 0 | 3,09 | 16,0 | 16,28 | 0 | 3,17 | 16,3 | — |
| $O_{12}$ | 105 | Phenol | 15,95 | — | 2,23 | 12,2 | 15,88 | — | 2,21 | 12,2 | — |
| — | — | 0 | 15,71 | — | 2,13 | 11,9 | 15,76 | — | 2,28 | 12,65 | — |
| — | — | $NaNO_2$ | 15,91 | — | 1,94 | 10,85 | 15,87 | — | 1,51 | 8,7 | — |
| — | — | Glykose | 15,82 | — | 2,32 | 12,8 | 15,75 | — | 0,07 | 0,56 | — |
| — | — | Pepton | 16,04 | — | 0,02 | 0,14 | 15,39 | 1,10 | 0 | 0 | — |
| — | — | $NaNO_2$ Glykose | 23,58 | 0 | 0,09 | 0,35 | 15,83 | — | 2,25 | 12,45 | — |
| — | — | $NaNO_2$ Pepton | 34,47 | 0 | 0 | 0 | 16,37 | 0 | 0 | 0 | — |
| — | — | Pepton Glykose | 16,01 | 38,82 | 0,22 | 0,4 | 15,17 | 29,89 | 0,10 | 0,2 | — |
| — | — | $NaNO_2$ Glykose Pepton | 15,98 | — | 0,07 | 0,44 | 36,20 | 0 | — | — | fast kein 0 |
| — | — | Glykose Phosphat | 14,80 | 10,76 | 0 | — | 15,82 | 0 | 0 | 0 | — |
| $O_{12}$ | 5 | Phenol | 16,46 | — | 8,87 | 35,0 | 16,41 | — | 8,69 | 34,6 | — |
| — | — | 0 | 16,37 | — | 8,66 | 34,6 | — | — | — | — | — |
| — | — | $NaNO_2$ | 16,40 | — | 0,56 | 3,3 | — | — | — | — | — |
| — | — | Glykose | 16,32 | — | 1,42 | 8,15 | 16,39 | — | 8,65 | 34,55 | — |
| — | — | Pepton | 16,54 | — | 0,09 | 0,6 | — | — | — | — | — |
| — | — | $NaNO_2$ + Glykose | 16,35 | — | 7,88 | 32,5 | 16,40 | 0 | 0 | 0 | — |
| — | — | $NaNO_2$ + Pepton | 24,25 | 0 | 1,24 | 4,85 | 16,29 | — | 8,27 | 33,7 | — |
| — | — | Glykose Pepton | 16,42 | 25,12 | 0 | 0 | 16,49 | 1,43 | 0 | 0 | — |
| — | — | $NaNO_2$ Glykose Pepton | 24,18 | 0 | 0,10 | 0,37 | 25,19 | 0 | 0,67 | 2,6 | — |
| — | — | Glykose + Phosphat | 16,47 | — | 0,55 | 3,2 | — | — | — | — | — |
| Fehmarn Belt | 0 | Phenol | 13,85 | — | 7,05 | 33,8 | 13,78 | — | 7,08 | 33,9 | — |
| — | — | 0 | 13,77 | — | 7,13 | 34,1 | — | — | — | — | — |
| — | — | $NaNO_2$ | 13,86 | — | 0,92 | 4,1 | 13,95 | — | 6,02 | 30,15 | — |
| — | — | Glykose | 13,85 | — | 0,11 | 0,8 | 13,77 | — | 1,63 | 10,6 | — |
| — | — | Pepton | 13,93 | 12,67 | 0 | 0 | — | — | — | — | — |
| — | — | $NaNO_2$ + Glykose | 14,09 | 0 | 0 | 0 | 13,73 | — | 0,41 | 2,9 | — |
| — | — | $NaNO_2$ + Pepton | 41,61 | 0 | 4,73 | 10,2 | 24,96 | 0 | 0 | 0 | — |
| — | — | Pepton + Glykose | 14,48 | 0 | 0 | 0 | 13,74 | — | 4,50 | 25,1 | — |
| — | — | $NaNO_2$ Glykose Pepton | 35,52 | 0 | 4,0 | 10,1 | 40,15 | 0 | 0 | 0 | — |
| — | — | Glykose + Phosphat | 13,81 | 0 | 5,10 | 27,0 | 13,94 | — | 4,51 | 24,45 | — |

Aus den Tabellen geht hervor, daß Nitritzersetzung überall eingetreten ist, wo genug organisches Nährmaterial vorhanden war und wo die Sauerstoffspannung weit genug gesunken war. Daraus darf man wohl mit Recht schließen, daß man höchstens in abgeschlossenen Mulden (Bornholmtief, Danziger Bucht usw.), oder wo sonst ein starker Sauerstoffverbrauch herrscht bei ungenügender Zufuhr, mit der Gefahr zu rechnen haben wird, daß Nitrite unter Freiwerden von Stickstoff zersetzt werden. Vielleicht liegt auch die Möglichkeit vor, daß aus Eiweißkörpern Stickstoff freigemacht wird, doch kann ich das nicht mit Sicherheit behaupten, da das Plus von Stickstoff innerhalb der Fehlergrenze liegt. Die Versuche zeigen auch, daß man es nicht unterlassen darf, auf Wasserstoff zu prüfen, wenn ein Gasüberschuß vorhanden ist. Methan habe ich nie gefunden. Einen Nachweis von Stickstoffbindung in einwandfreier Weise zu erzielen, ist mir nicht gelungen, doch darf das nicht Wunder nehmen, da die stickstoffbindenden Bakterien weit mehr organische Nahrung bedürfen [1]), als ich ihnen geboten habe.

Aus allem diesen geht hervor, daß man aus den gefundenen Mengen Stickstoffgas nur höchst unsichere Schlüsse ziehen kann, insbesondere da die gefundenen Quantitäten sich nur wenig von denen unterscheiden, die bei Normaldruck sich an der Oberfläche in Wasser der betreffenden Temperatur lösen können.

Bieten so die Stickstoffzahlen wenig Interesse, so sind dafür die Bestimmungen des Sauerstoffgehaltes im Meerwasser um so wichtiger. Ich habe von den Stationen Bornholmtief und Danziger Bucht [2]) die Kurven des Salzgehaltes, des Sauerstoffgehaltes und der Temperatur des Bodenwassers aufgezeichnet. Wir finden zunächst an der Kurve des Salzgehaltes in der Danziger Bucht ein Maximum im Mai 1903 und schließen, daß damals das Wasser sich erneuert hat, mehr können wir aus der Salzgehaltskurve nicht schließen. Benutzen wir die Temperaturkurve, so haben wir im Mai 1903 ein Minimum, es ist also kaltes Wasser zugeströmt.

Nehmen wir dagegen die Kurve des Sauerstoffgehaltes, so zeigt sich auch für Mai 1904 ein Zuströmen frischen Wassers, wenn auch nicht ganz so stark wie 1903. Die gleichen Betrachtungen gelten für die Station Bornholmtief. Man kann aber die Sauerstoffzahlen auch noch weiter ausnutzen. Wir wollen

[1]) Beneke u. Keutner l. c.
[2]) Tabelle III, IV. Tafel III.

Tabelle III.
**Bornholmtief.**

| Datum | Salz ‰ | $O_2$ ccm i. Ltr. | t° C |
|---|---|---|---|
| 13. 8. | 16,89 | 3,45 | 4,48 |
| 14. 11. | 16,42 | 3,22 | 4,58 |
| 5. 5. | 17,54 | 4,92 | 3,08 |
| 14. 5. | 17,81 | 4,81 | 3,15 |
| 20. 8. | 17,63 | 3,57 | 3,28 |
| 5. 11. | 17,14 | 3,65 | 3,34 |
| 18. 2. | 16,95 | 2,63 | 3,5 |
| 16. 5. | 16,98 | 4,31 | — |

Tabelle IV.
**Danziger Bucht.**

| Datum | Salz ‰ | $O_2$ ccm i. Ltr. | t° C |
|---|---|---|---|
| 8. 8. | 12,56 | 1,29 | 5,92 |
| 5. 11. | 11,98 | 1,04 | 5,58 |
| 11. 5. | 13,10 | 5,48 | 3,44 |
| 19. 11. | 11,96 | 2,82 | 3,97 |
| 17 2. | 11,82 | 1,56 | 4,00 |
| 13. 5. | 11,56 | 2,22 | 4,28 |

annehmen, daß dasselbe Wasser ziemlich lange unvermischt sich an diesen Stellen hält und daß die Temperatur sich nicht wesentlich ändert, beides sind Annahmen, die wir durch die Erfahrung bestätigt finden. Es tritt dann zwischen Sauerstoff und organischer Substanz eine Reaktion ein, die wir als monomolekular betrachten wollen unter der Annahme, daß die organische Substanz infolge Diffusion aus dem Bodenschlamm und von oben kommender abgestorbener Planktonorganismen konstant bleibt. Die Gleichung für monomolekulare Reaktion ist [1])

$$\frac{dx}{dt} = k\,(a-x)$$

integriert und nach k aufgelöst

$$k = \frac{1}{t} \cdot \log.\ \text{nat.} \left(\frac{a}{a-x}\right)$$

Dabei bedeutet a den ursprünglichen Sauerstoffgehalt, a—x den Sauerstoffgehalt nach der Zeit t, die ich in Wochen rechne. Die Konstanz von k für die Zeit vom Mai 1903 bis Februar 1904 ist in der Danziger Bucht reichlich schlecht, möglicher Weise rührt das daher, daß der Wert für Februar 1904 fehlerhaft ist, er war das Mittel aus vier sehr schlecht übereinstimmenden Analysen, und es ist an sich sehr wahrscheinlich, daß man den Wert für Sauerstoff zu gering findet.

Tabelle V.

| Zeit | a ccm $O_2$ | a—x ccm $O_2$ | t in Wochen | $\frac{1}{t} \cdot 10 \log. \left(\frac{a}{a-x}\right)$ [2]) | |
|---|---|---|---|---|---|
| 11. 5. 03—19. 11. 03 | 5,48 | 2,82 | 27½ | 0,0105 | Danziger Bucht |
| 11. 5. 03—17. 2. 04 | 5,48 | 1,56 | 40 | 0,0136 | |
| 8. 8. 02— 5. 11. 02 | 1,29 | 1,04 | 13 | 0,0072 | |
| 14. 5. 03—20. 8. 03 | 4,81 | 3,57 | 14 | 0,0092 | Bornholmtief |
| 14. 5. 03—18. 2. 04 | 4,81 | 2,63 | 39½ | 0,0066 | |
| 5. 11. 03—18. 2. 04 | 3,65 | 2,63 | 14½ | 0,0098 | |
| 13. 8. 02—14. 11. 02 | 3,45 | 3,22 | 13 | 0,0023 | |

Übertragen wir dieselbe Betrachtungsweise auf die deutschen Beobachtungen im Bornholmtief, so finden wir keine Konstanz, sondern k hat vom Mai bis Februar erheblich abgenommen, die Reaktion ist zu langsam vor sich gegangen. Nun liegt aber eine schwedische Beobachtung für den November 1903 vor, die einen höheren Sauerstoffgehalt zeigt als mein Wert vom August, es muß also dazwischen eine Erneuerung des Wassers stattgefunden haben. Für November 1903 bis Februar 1904 erhalten wir dieselbe

[1]) Nernst, Theoretische Chemie 1893, pag. 432.
[2]) Nicht auf natürliche Logarithmen umgerechnet, da es nur auf die Konstanz des Ausdrucks ankommt.

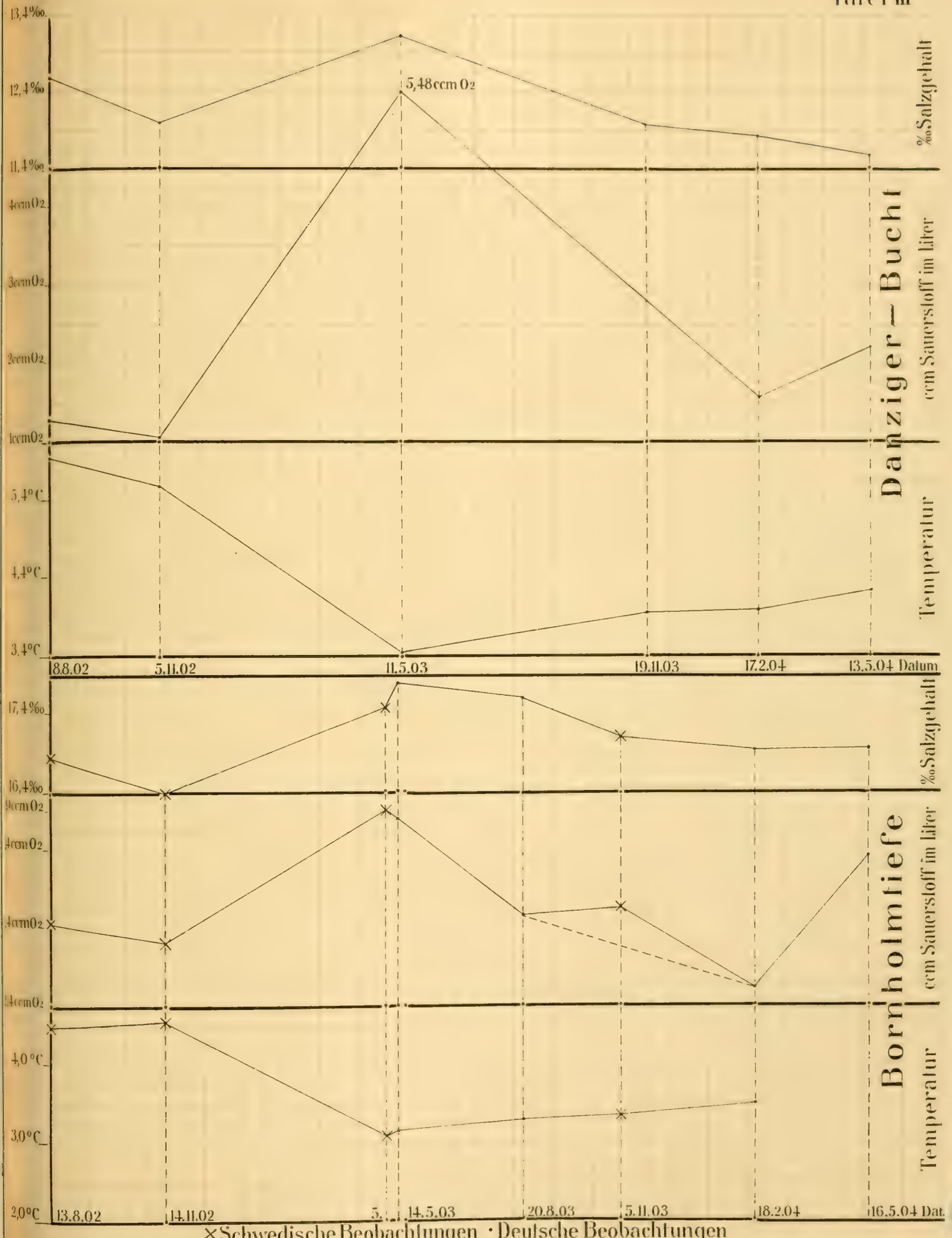
Konstante wie für Mai bis August. Aus der Salzgehaltskurve geht hervor, daß weniger salzreiches Wasser zugeströmt ist. Einen gleichen Vorgang wird man wohl für die Zeit August 1902 bis November 1902 annehmen dürfen, da auch hier k sehr niedrig ist und dieser Teil der Salzgehaltskurve mit dem entsprechenden von 1903 annähernd gleichlaufend ist.

Ob derselbe Schluß auch in der Danziger Bucht für die Zeit August bis November 1902 berechtigt ist, kann ich nicht mit Sicherheit sagen. Die Salzgehaltskurve und die Reaktionskonstante haben denselben Sinn, doch wäre es möglich, daß die Gleichung bei niedrigem Sauerstoffgehalt nicht mehr giltig ist, da dann auch eine Reaktion zwischen Sulfat und Nitrit und organischer Substanz mit Hilfe der Bakterien eintreten kann.

Eine längere Beobachtungsreihe wird jedenfalls zeigen müssen, ob diese Betrachtungsweise angemessen ist, und ob wir es mit Erscheinungen zu tun haben, die sich jährlich wiederholen oder nur dann und wann eintreten. Auf die Notwendigkeit der Gasanalysen für diese Schlußfolgerungen hat schon Krümmel[1]) hingewiesen.

[1]) Zur Physik der Ostsee. Petermann's Mitteilungen 1895, pag. 85; siehe auch: Die Deutschen Meere im Rahmen der internationalen Meeresforschung. Veröff. des Instituts für Meereskunde, Berlin 1904, Heft 6.

Tafel III




×Schwedische Beobachtungen · Deutsche Beobachtungen

Die

# vertikale Temperaturverteilung im Weltmeere durch Wärmeleitung.

Von

Dr. Georg Wegemann,

Gymnasialoberlehrer in Hadersleben.

Trotzdem schon seit dem Anfang des 19. Jahrhunderts durch Poisson und Lamé die theoretische Behandlung zahlreicher Probleme über die Wärmeleitung gelungen ist, fehlt doch in unsrer ozeanographischen Literatur noch immer eine Anwendung der gefundenen Resultate auf die Temperaturverteilung im Weltmeere. Solange man nicht die tatsächlichen Verhältnisse kannte, mochten solche theoretischen Betrachtungen überflüssig sein. Durch die Tiefseeexpeditionen der letzten 30 Jahre, seit Vervollkommnung der Tiefseethermometer, hat sich unsre Kenntnis der vertikalen Wärmeverteilung im Weltmeere aber derart erweitert, daß wir uns in großen Zügen ein Bild davon entwerfen können, und ein Vergleich mit den theoretischen Verhältnissen schon eher am Platze ist. Von den verschiedenen Ursachen der oft eigenartigen, vertikalen Temperaturverteilung soll im folgenden nur die Wärmeleitung ins Auge gefaßt werden. Für das Eindringen eines Bewegungsantriebes (Strömung) in die Meerestiefe liegt bereits eine geistvolle Abhandlung von Zöppritz[1]) vor, worin er das Bewegungsproblem auf die Formeln des thermischen zurückführt. Doch beschränkt er sich im wesentlichen auf theoretische Erörterungen und gibt nur wenige bestimmte Zahlenwerte an, die allerdings erkennen lassen, daß das Eindringen eines Oberflächenantriebes in die Tiefe des Weltmeeres sehr langsam vor sich geht. Auf die theoretische Behandlung des thermischen Problems soll im folgenden indes nur soweit eingegangen werden, als die Resultate zur Ableitung von Wertereihen benutzt werden.

Von den eine zahlenmäßige Berechnung zulassenden Lösungen der Wärmeleitungsprobleme dürfte die folgende den im Weltmeere herrschenden Verhältnissen am meisten entsprechen: „Die Temperaturbestimmung in einer homogenen Wand, deren eine Begrenzungsfläche auf der Temperatur $0^0$, deren andere auf einer konstanten Temperatur gehalten wird." Die Lösung dieser Aufgabe ist die Auflösung[2]) der partiellen Differentialgleichung

$$1)\quad \frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

mit den Nebenbedingungen

$$2)\quad u = 0 \text{ für } t = 0$$
$$3)\quad u = 0 \text{ „ } x = 0$$
$$4)\quad u = \gamma \text{ „ } x = h$$

wo u die Temperatur, t die Zeit, h den Abstand der beiden Grenzflächen, $a^2 = \frac{k}{\varrho \cdot C}$, k den Wärmeleitungskoeffizient, $\varrho$ die Dichte, C die spezifische Wärme bedeuten.

Abweichend von den tatsächlichen Verhältnissen im Weltmeere ist allerdings die Annahme 1. daß die horizontalen Dimensionen der Weltmeere unendlich groß sind im Verhältnis zur Tiefe, 2. daß die ganze Wassermasse stofflich homogen sei und zur Anfangszeit der Berechnung eine gleichmäßige Temperatur von $0^0$ gehabt habe, 3. daß auf die Oberfläche eine konstante Temperatur wirkt, während die Bodenfläche dauernd auf $0^0$ gehalten wird.

Was die erstgenannte Abweichung angeht, so ließe sich dieselbe z. T. in Rechnung ziehen, da von Lamé[3]) eine Lösung auch für den Fall gefunden ist, falls die Wasserschicht von 2 parallelen Wänden

[1]) Annalen der Physik und Chemie. 1878. Heft 4. S. 582—607.
K. Zöppritz: Hydrodynamische Probleme in Beziehung zur Theorie der Meeresströmungen.

[2]) Riemanns Vorlesungen über partielle Differentialgleichungen, herausgegeben von Hattendorff, § 58.

[3]) Lamé: Leçons sur la théorie analytique de la chaleur. S. 327.

begrenzt wird. Für das Bewegungsproblem hat Zöppritz[1]) indes gezeigt, daß der Einfluß der Ufer sehr gering ist bei großen Werten der in seinen Formeln vorkommenden Größe p, ausgenommen bei Kanälen von geringer Breite. Von dem thermischen Problem gilt dies in noch höherem Grade, da hier $p = \infty$ ist. Man darf deshalb ohne großen Fehler die horizontale Ausdehnung der Ozeane im Vergleich mit der Tiefe unendlich groß setzen.

Die 2. Abweichung betreffend die Gleichartigkeit der Wassermasse ist ebenfalls gering. Wollte man dieselbe in Rücksicht ziehen, so könnte man es in der Weise tun, daß man für verschieden dichte Wasserschichten sowohl wie für verschieden warme, andere Werte des Leitungskoeffizienten k wählt, da nach den Untersuchungen von Beetz[2]) u. a. die Wärmeleitungsfähigkeit mit der Konzentration abnimmt, besonders bei höheren Temperaturen. Die Differenz der spezifischen Gewichte in den verschiedenen Wassertiefen ist jedoch so gering — sie beträgt höchstens 2—3 Einheiten der 3. Dezimale — daß sie sich in dem hier benutzten, abgerundeten Werte von $k = 0{,}0012$ nicht bemerkbar macht. Wie weit dies für Temperaturdifferenzen gilt, ließ sich aus der genannten Abhandlung nicht ersehen. Für kleine Temperaturintervalle ist der Einfluß auf k nur gering und erst bei Differenzen von ca. 30° wird sich dessen Wert von dem benutzten vielleicht um einige Einheiten der 4. Dezimale unterscheiden. Auf das Endergebnis wird sich dieser Einfluß in der Weise geltend machen, daß die Zeit, welche nötig ist, um einen Teil der Wärme in irgend eine Tiefe zu leiten, in Wirklichkeit noch größer ausfallen muß, als die Berechnung ergibt.

Auch die 3. Abweichung, daß die Ober- und Bodenfläche auf konstanter Temperatur gehalten werden, ist auf das rechnerische Ergebnis von geringem Einfluß. Für die Bodentemperatur hat sich in der Tat herausgestellt, daß in den Ozeanen, die die mittlere Tiefe von 5000 m überschreiten, sich in dieser Tiefe ungefähr eine konstante Schicht von 0° befindet, so daß in dieser Beziehung den theoretischen Verhältnissen entsprochen wird. Die Temperatur, welche auf die Oberfläche wirkt, ist allerdings eine periodische Funktion der Zeit, also $\gamma = \varphi(t)$. In diesem Falle läßt es sich durch eine Reihe von der Form

$$\varphi(t) = \varrho_0 + \varrho_1 \cos\left(\frac{\pi t}{g} - \lambda_1\right) + \varrho_2 \cos\left(\frac{2\pi t}{g} - \lambda_2\right) + \ldots$$

ausdrücken[3]). Dann muß sich auch u durch eine Sinus- und Kosinusreihe von derselben Periode ausdrücken lassen, aus der hervorgeht, daß die Temperatur in jeder Tiefe dieselbe Periode 2 g hat, daß aber die Amplituden

$$\vartheta_n = 2\varrho_n \, e^{-x\sqrt{\frac{n\pi\mu}{2gk}}}$$

mit zunehmender Tiefe kleiner werden. Um eine bessere Vorstellung zu gewinnen, nehmen wir die jährliche Temperaturperiode, also $2g = 31\,536\,000$ Sek., und berechnen, wie groß die Amplitude der Oszillation etwa in 10 m Tiefe, $x = 1000$ cm, für $n = 1$ und $k = 0{,}0012$ ist.

$$e^{-x\sqrt{\frac{n\pi\mu}{2gk}}} \text{ wird dann } = e^{-9{,}247} = \frac{1}{9734} = 0{,}000\,103,$$

die Amplitude also auf einen nicht mehr sicher nachweisbaren Bruchteil verringert z. B. für 40° auf 0,004°. Für $x = 1$ m würden die entsprechenden Zahlen $e^{-0{,}9247} = \frac{1}{2{,}505} = 0{,}\bar{4}$ sein, also für 40°, 16° Amplitude der jährlichen Periode in 1 m Tiefe.

Zum Vergleich mögen noch die Werte der Amplitude der täglichen Temperaturperiode folgen und zwar für $x = 10$ cm ist $e^{-1{,}767} = \frac{1}{5{,}783} = 0{,}173$ was bei einer Oszillation von 20°, 3,46° ergäbe; für $x = 20$ cm ist $e^{-3{,}53} = \frac{1}{33{,}4} = 0{,}03$ oder für 20°, 0,6°; für $x = 1$ m ist $e^{-17{,}7} = \frac{1}{41\,840\,000}$ d. h. die Einwirkung der täglichen Periode ist nicht mehr vorhanden. Für das Eindringen eines periodischen Bewegungsantriebes ergeben sich größere Zahlen, da die innere Reibung des Wassers mehr als 10 mal so

[1]) Zöppritz: a. a. O. S. 605.

[2]) Annalen der Physik und Chemie 1879. Nr. 7.
Beetz: Über das Wärmeleitungsvermögen von Flüssigkeiten S. 458—59.

[3]) Siehe das Nähere darüber in Riemanns Vorlesungen S. 137 und bei Zöppritz: a. a. O. S. 599.

groß ist, wie das Wärmeleitungsvermögen. Diese 3. Abweichung ist demnach für das Endergebnis ohne Einfluß, wo selbst die jährliche Temperaturperiode nicht einmal bis in eine Tiefe von 10 m nachweisbar ist, vorausgesetzt allerdings, daß die Wärme lediglich durch Leitung in die tieferen Schichten gelangte.

Die von mir gewählte Aufgabe ist also wohl geeignet, einen Vergleich mit den im Weltmeer herrschenden Verhältnissen zuzulassen. Die allgemeine Auflösung der Differentialgleichung 1) mit den Nebenbedingungen 2), 3) und 4) findet sich an dem oben genannten Ort [1])

$$5) \quad u = \gamma \left[ \frac{x}{h} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n} e^{-a^2 \left(\frac{n\pi}{h}\right)^2 t} \cdot \sin \frac{n x \pi}{h} \right]$$

Für die Ausrechnung sind $k = 0{,}0012$, $h = 5000$ m, $\mu = 1{,}0272$ [2]) gesetzt, so daß $a^2 = \frac{1}{856}$. Die Werte von x sind in Abständen von 500 zu 500 m gewählt (s. Tabelle I) und wo dies nicht ausreichte zwischen Oberfläche und den 1. 500 m sind später auch die Werte für 100 m, 200 m, 300 m und 400 m berechnet. In der Formel entsprechen allerdings $\lambda = 0$ der Bodenfläche und $x = 5000$ m der Oberfläche, also umgekehrt wie üblich. Wegen der Beziehung von k zum C G S System, sind alle Tiefen in cm, alle Zeiten in Sekunden auszudrücken. Es war ins Auge gefaßt, Wertereihen von u für $t = \frac{1}{2}$ Jahr, 1 Jahr, 10 Jahre 100 und 1000 Jahre zu berechnen. Selbst wenn die Koeffizienten der sinus nur auf 2 Dezimalen berechnet wurden, war eine erhebliche Rechenarbeit zu leisten, da die Reihen sehr langsam konvergieren; so sind z. B. für $t = 1$ Jahr 209 Glieder zu berücksichtigen, für $t = 10$, 157; für $t = 100$, 83 und für $t = 1000$ Jahre noch 35 Glieder. Nun reicht aber eine derartige Genauigkeit wegen der vielen Glieder besonders für große Werte von $\gamma$ nicht aus; man wird deshalb noch eine weitere Dezimale der Koeffizienten $\frac{e^{-a^2 \left(\frac{n\pi}{h}\right)^2 t}}{n}$ berechnen. In Tabelle III am Schluß findet sich eine Zusammenstellung derselben, um andern die umständliche Ausrechnung zu ersparen, falls sie für andre Tiefen und Zeiten ähnliche Berechnungen auszuführen wünschen. Um die 3. Dezimale abrunden zu können, ist die 4. genau berechnet, so daß sich ohne große Neuarbeit noch eine weitere Dezimale bestimmen ließe. Tabelle IV enthält die entsprechenden Koeffizienten für das Bewegungsproblem. Die Werte für $t = 1$ Jahr und $t = 10$ Jahre sind fortgelassen; die Zahl derselben $> 0{,}0005$ beträgt für $t = 1$ etwa 800 und für $t = 10$ etwa 360, für $k = 0{,}0012$.

Das Ergebnis der 1. Berechnungen war sehr überraschend, da keine der zeitraubenden Berechnungen ein Resultat lieferte, selbst für $t = 1000$ Jahre nicht. Die Wärmeleitnng im Meere ist also eine derart langsame, daß selbst nach 1000 Jahren noch kein meßbarer Bruchteil in eine Tiefe von 500 m eingedrungen ist. Es wurde deshalb die Aufgabe nach 3 Richtungen hin erweitert. Es wurden 1. die Berechnungen auch auf $t = 10000$, 100000 und 1000000 Jahre ausgedehnt, 2. für die zuerst gewählten Zeiten Temperaturreihen auch für 100, 200, 300 und 400 m berechnet und 3. dieselben Reihen für das Eindringen eines Bewegungsantriebes festgestellt. Die Koeffizienten der sin sind so benutzt, wie sie in den Tabellen enthalten sind. Die Ergebnisse sind in der umstehenden Tabelle zusammengestellt.

Die linke Kolumne enthält die Temperaturreihen unter den genannten Bedingungen, die rechte die entsprechende Wertereihe für das Bewegungsproblem, wenn die innere Reibung $= 0{,}0144$ gesetzt ist.

Die Tatsache der langsamen Wärmeleitungsfähigkeit von Flüssigkeiten ist dem Physiker längst bekannt. Die nachfolgende Tabelle ist aber besonders geeignet, eine deutliche Vorstellung von dieser außerordentlichen Langsamkeit zu erzeugen und somit dürfte dieselbe für den Physiker in gleicher Weise wie für den Ozeanographen von Interesse sein. Die Tatsache, daß nach 100 Jahren noch kein nachweisbarer Bruchteil der Oberflächentemperatur in 100 m Tiefe angelangt ist, ist höchst überraschend. Nach 1000 Jahren ist in die Tiefe von 300 m noch nicht einmal der hundertste Teil der auf die Oberfläche wirkenden Wärme vorhanden, nach 10000 Jahren ist dieser Betrag noch nicht bis 1000 m vorgedrungen, nach 100000 Jahren hat er 2200 m, nach 1000000 Jahren erst 4900 m erreicht.

[1]) s. Anmerkung 2.

[2]) Der wahre Wert ist 1,0364. Doch ist die Differenz so belanglos, daß Zöppritz sogar $\mu = 1$ gesetzt hat.

Tabelle I.

| t = / h m | 1000 Jahre | | 10 000 Jahre | | 100 000 Jahre | | 1 000 000 Jahre | | ∞ Temp. u. Beweg. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Temp. | Beweg. | Temp. | Beweg. | Temp. | Beweg. | Temp. | Beweg. | |
| 100 (4900) | 0,24 γ | | | | | | | | |
| 200 (4800) | 0,02 γ | | | | | | | | |
| 300 (4700) | 0 | | | | | | | | |
| 400 (4600) | | | | | | | | | |
| 500 (4500) | | 0,09 c | 0,061 γ | 0,594 c | 0,573 γ | 0,867 c | 0,852 γ | 0,9 c | 0,9 { c γ |
| 1000 (4000) | | 0 | 0,003 γ | 0,293 c | 0,244 γ | 0,737 c | 0,710 γ | 0,8 c | 0,8 |
| 1500 (3500) | | | 0 | 0,116 c | 0,072 γ | 0,613 c | 0,577 γ | 0,7 c | 0,7 |
| 2000 (3000) | | | | 0,035 c | 0,020 γ | 0,498 c | 0,456 γ | 0,6 c | 0,6 |
| 2500 (2500) | | | | 0,009 c | 0,003 γ | 0,393 c | 0,350 γ | 0,5 c | 0,5 |
| 3000 (2000) | | | | 0,001 c | 0 | 0,298 c | 0,258 γ | 0,4 c | 0,4 |
| 3500 (1500) | | | | 0 | | 0,213 c | 0,180 γ | 0,3 c | 0,3 |
| 4000 (1000) | | | | | | 0,137 c | 0,114 γ | 0,2 c | 0,2 |
| 4500 (500) | | | | | | 0,067 c | 0,055 γ | 0,1 c | 0,1 |
| 5000 (0) | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Anzahl der Glieder der ∞ Reihe | *51* | *16* | *18* | *5* | *6* | *2* | *2* | *1* | *0* |

Im stationären Zustand, der theoretisch erst nach ∞ langer Zeit erreicht wird, beim thermischen Problem aber tatsächlich nach 10 000 000 Jahren erreicht ist, — indem der theoretische Wert vom Endwert nur noch um 0,00001 abweicht, — soll dieser Betrag (0,01 γ) in einer Tiefe von 4950 m vorhanden sein. Für die entsprechenden Werte des Bewegungsproblems gilt, wie die Tabelle I zeigt, daß entsprechend dem größeren Wert des Koeffizienten der inneren Reibung nur $^1/_{10}$ bis $^1/_{12}$ der Zeit notwendig ist, um denselben Betrag der auf die Oberfläche wirkenden, stromerzeugenden Kraft in die entsprechende Tiefe zu übertragen. Hier wird schon nach 1 000 000 Jahren der stationäre Zustand sehr angenähert erreicht sein, indem der theoretische Wert nur noch um 0,000 001 vom Endwert abweicht. Man sieht daraus, daß fast geologische Zeiträume angenommen werden müssen, wollte man sich die jetzige Verteilung der Wärme im Meere wesentlich auf Grund von Wärmeleitung entstanden denken. Um dieses Ergebnis noch evidenter zu machen, lasse ich noch eine 2. Tabelle der obigen Resultate folgen, wo für γ und c bestimmte Werte eingesetzt sind und zwar $\gamma = 30^0$ und c = 30 cm p. sek.

Wie weit diese theoretischen Verhältnisse einen Vergleich mit den tatsächlichen zulassen und es gestatten, Schlüsse über die Mitwirkung der Wärmeleitung bei der vertikalen Verteilung der Temperatur im Weltmeere zu ziehen, soll nicht Gegenstand dieser Abhandlung sein.

Tabelle II.

| t = | 1000 Jahre | | 10 000 Jahre | | 100 000 Jahre | | 1 000 000 Jahre | | ∞ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| h m | Temp. | Beweg. | Temp. | Beweg. | Temp. | Beweg. | Temp. | Beweg. | |
| 100 | 7°,30 | | | | | | | | |
| 200 | 0°,60 | | | | | | | | |
| 300 | 0 | | | | | | | | |
| 400 | | | | | | | | | |
| 500 | | 2,74 cm | 1°,83 | 17,8 cm | 17°,2 | 26,0 cm | 25°,6 | 27 cm | 27 |
| 1000 | | [0,11 cm] | 0°,08 | 8,8 cm | 7°,31 | 22,1 cm | 21°,3 | 24 cm | 24 |
| 1500 | | 0 | [0°,01] | 3,49 cm | 2°,15 | 18,4 cm | 17°,3 | 21 cm | 21 |
| 2000 | | | 0 | 1,06 cm | 0°,59 | 15,0 cm | 13°,7 | 18 cm | 18 |
| 2500 | | | | 0,26 cm | 0°,09 | 11,8 cm | 10°,5 | 15 cm | 15 |
| 3000 | | | | 0,04 cm | [0°,01] | 8,94 cm | 7°,75 | 12 cm | 12 |
| 3500 | | | | 0 | 0 | 6,40 cm | 5°,41 | 9 cm | 9 |
| 4000 | | | | | | 4,11 cm | 3°,41 | 5 cm | 5 |
| 4500 | | | | | | 2,01 cm | 1°,64 | 3 cm | 3 |
| 5000 | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 |

Will man nur die Temperaturverteilung der obersten Schicht, bis ca. 50 m, studieren, so kann man durch Änderung der Nebenbedingungen eine erhebliche, rechnerische Vereinfachung erzielen, welche gleichzeitig den Vorteil hat, umgekehrt wie oben, für bestimmte Temperaturwerte die Zeit zu berechnen, nach der dieselben erreicht werden. Macht man nämlich die Annahme, daß außer den horizontalen Dimensionen auch die vertikale unbegrenzt sei, also $h = \infty$, so erhält man folgende allgemeine Lösung [1]):

$$u = \gamma \left[1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{x}{2\sqrt{a^2 t}}} e^{-z^2} dz \right]$$

Aus dieser transcendenten Gleichung läßt sich t berechnen, da für dieses Integral Tafeln vorhanden sind, aus denen man für bekannte Integralwerte die zugehörigen Werte der oberen Grenze entnehmen kann. So ist z. B. die Hälfte der Oberflächentemperatur $\frac{1}{2}\gamma$ bereits nach $7\frac{1}{2}$ Jahren in 5 m Tiefe vorhanden, nach $29\frac{1}{2}$ Jahren in 10 m, nach 740 Jahren in 50 m und nach 2953 Jahren in 100 m Tiefe. Denn dem Integralwert 0,5 entspricht der Wert der oberen Grenze $\frac{x}{2\sqrt{a^2 t}} = \frac{x}{2}\sqrt{\frac{\mu}{kt}} = 0{,}48$; woraus sich $t = \frac{x \cdot \sqrt{\mu}}{2 \cdot 0{,}48 \sqrt{k}}$ bestimmt, worin x die Tiefe bedeutet. Nach dem oben ausführlich behandelten Problem unter Annahme eines Meeres von begrenzter Tiefe, dessen Bodentemperatur konstant auf 0° erhalten wird, wurden nach 1000 Jahren in 100 m Tiefe $\frac{1}{4}\gamma$ bestimmt; in diesem Falle wo die Zuleitung der niedrigen Temperatur von unten her fehlt, wird dieser Betrag natürlich eher erreicht. Doch ist der Unterschied keineswegs sehr bedeutend. Will man Wertereihen in der Weise wie es in Tabelle I geschehen ist, aufstellen, so muß man umgekehrt verfahren, d. h. man setzt in den Ausdruck der oberen Grenze die bestimmten Werte für die

[1]) S. Riemanns Vorlesungen S. 166—69 und Zöppritz: a. a. O. S. 597.

Tiefe x und die Zeit t ein. Die Tafel für das Krampsche Integral liefert dann den zugehörigen Wert desselben; dieser von 1 abgezogen, gibt den Bruchteil von $\gamma$ an, der in der gegebenen Tiefe zu der gegebenen Zeit vorhanden ist.

Endlich kann man auch für gegebene Werte der Zeit und der Temperatur die Tiefe berechnen. In welcher Tiefe wird z. B. nach $^1/_2$, 1 oder 10 Jahren die Temperatur $\frac{1}{2}\gamma$ herrschen? Wie oben ist $u = \gamma \cdot (1 - {}^1/_2)$ für $\frac{x}{2}\sqrt{\frac{\mu}{kt}} = 0{,}48$, also $x = 2 \cdot 0{,}48\sqrt{\frac{kt}{\mu}}$ und $x = 130$ cm für $t = {}^1/_2$ Jahr, $x = 185$ cm für $x = 1$ Jahr und $x = 582$ cm für $t = 10$ Jahre. Da die Tiefen, in welche die gleiche Temperatur zu verschiedenen Zeiten eintritt, sich verhalten wie die Quadratwurzeln aus den Seiten, so wird $\frac{1}{2}\gamma$ nach 100 Jahren in 18,4 m, nach 1000 Jahren in 58,2 m angetroffen.

Tabelle III.

$\frac{e^{-a^2\left(\frac{n\pi}{h}\right)^2 t}}{n}$ Koeffizienten der sinus für das thermische Problem.

t = 100 Jahre.

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,9998 | 24 | 0,0383 | 47 | 0,0155 | 70 | 0,0070 | 93 | 0,0031 | 116 | 0,0012 |
| 2 | 4997 | 25 | 365 | 48 | 149 | 71 | 68 | 94 | 30 | 17 | 12 |
| 3 | 3329 | 26 | 349 | 49 | 144 | 72 | 66 | 95 | 0,0029 | 18 | 11 |
| 4 | 2494 | 27 | 333 | 50 | 0,0139 | 73 | 63 | 96 | 28 | 19 | 11 |
| 5 | 0,1993 | 28 | 319 | 51 | 135 | 74 | 61 | 97 | 27 | 120 | 0,0010 |
| 6 | 1658 | 29 | 305 | 52 | 130 | 75 | 0,0059 | 98 | 26 | 21 | 10 |
| 7 | 1418 | 30 | 0,0293 | 53 | 126 | 76 | 57 | 99 | 25 | 22 | 9 |
| 8 | 1238 | 31 | 281 | 54 | 122 | 77 | 55 | 100 | 0,0024 | 23 | 9 |
| 9 | 1098 | 32 | 270 | 55 | 0,0117 | 78 | 53 | 101 | 23 | 24 | 9 |
| 10 | 0,0986 | 33 | 259 | 56 | 113 | 79 | 52 | 2 | 22 | 125 | 0,0008 |
| 11 | 893 | 34 | 249 | 57 | 110 | 80 | 0,0050 | 3 | 21 | 26 | 8 |
| 12 | 816 | 35 | 0,0239 | 58 | 106 | 81 | 48 | 4 | 20 | 27 | 8 |
| 13 | 751 | 36 | 230 | 59 | 103 | 82 | 46 | 105 | 0,0019 | 28 | 7 |
| 14 | 694 | 37 | 222 | 60 | 0,0099 | 83 | 45 | 6 | 18 | 29 | 7 |
| 15 | 0,0645 | 38 | 214 | 61 | 96 | 84 | 43 | 7 | 17 | 130 | 0,0007 |
| 16 | 602 | 39 | 207 | 62 | 93 | 85 | 0,0041 | 8 | 17 | 31 | 6 |
| 17 | 564 | 40 | 0,0198 | 63 | 89 | 86 | 40 | 9 | 16 | 32 | 6 |
| 18 | 530 | 41 | 191 | 64 | 86 | 87 | 39 | 110 | 0,0016 | 33 | 6 |
| 19 | 500 | 42 | 185 | 65 | 0,0084 | 88 | 37 | 11 | 15 | 34 | 5 |
| 20 | 0,0473 | 43 | 178 | 66 | 81 | 89 | 36 | 12 | 14 | 135 | 0,0005 |
| 21 | 447 | 44 | 172 | 67 | 78 | 90 | 0,0034 | 13 | 14 | 36 | 5 |
| 22 | 423 | 45 | 0,0166 | 68 | 75 | 91 | 33 | 14 | 13 | 37 | 5 |
| 23 | 403 | 46 | 160 | 69 | 0,0073 | 92 | 32 | 15 | 0,0013 | 138 | 0,0005 |

t = 1000 Jahre.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,9986 | 17 | 0,0387 | 32 | 0,0071 |
| 2 | 4971 | 18 | 348 | 33 | 63 |
| 3 | 3290 | 19 | 312 | 34 | 55 |
| 4 | 2443 | 20 | 0,0281 | 35 | 0,0049 |
| 5 | 0,1932 | 21 | 252 | 36 | 43 |
| 6 | 1582 | 22 | 226 | 37 | 37 |
| 7 | 1331 | 23 | 202 | 38 | 33 |
| 8 | 1140 | 24 | 181 | 39 | 28 |
| 9 | 988 | 25 | 0,0162 | 40 | 0,0025 |
| 10 | 0,0865 | 26 | 145 | 41 | 22 |
| 11 | 763 | 27 | 129 | 42 | 19 |
| 12 | 677 | 28 | 115 | 43 | 16 |
| 13 | 603 | 29 | 102 | 44 | 14 |
| 14 | 538 | 30 | 0,0091 | 45 | 0,0012 |
| 15 | 0,0482 | 31 | 80 | 46 | 10 |
| 16 | 432 | | | 47 | 9 |
| | | | | 48 | 7 |
| | | | | 49 | 6 |
| | | | | 50 | 0,0005 |
| | | | | 51 | 5 |

t = 10 000 J.

| | |
|---|---|
| 1 | 0,9857 |
| 2 | 4719 |
| 3 | 2927 |
| 4 | 1984 |
| 5 | 0,1414 |
| 6 | 991 |
| 7 | 749 |
| 8 | 496 |
| 9 | 344 |
| 10 | 0,0236 |
| 11 | 158 |
| 12 | 104 |
| 13 | 67 |
| 14 | 42 |
| 15 | 0,0026 |
| 16 | 15 |
| 17 | 9 |
| 18 | 0,0005 |

t = 100 000 J.

| | |
|---|---|
| 1 | 0,8654 |
| 2 | 2802 |
| 3 | 908 |
| 4 | 247 |
| 5 | 0,0062 |
| 6 | 9 |

t = 1 000 000 J.

| | |
|---|---|
| 1 | 0,2358 |
| 2 | 0,0031 |

t = 10 000 000 Jahre.

| | |
|---|---|
| 1 | 0,00000053 |

Tabelle IV.

$e^{-a^2\left(\frac{n\pi}{h}\right)^2 t}$ für das Bewegungsproblem.

| n | t = 100 Jahre. | n | | t = 1000 J. | t = 10 000 J. | t = 100 000 J. | t = 1 000 000 J. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,9982 | 24 | 0,0150 | 0,9823 | 0,8369 | 0,1686 | 0,000 000 019 |
| 2 | 4964 | 25 | 132 | 4656 | 2443 | 0,0004 | |
| 3 | 3280 | 26 | 116 | 2840 | 672 | | |
| 4 | 2430 | 27 | 101 | 1880 | 145 | | |
| 5 | 0,1913 | 28 | 88 | 0,1282 | 0,0023 | | |
| 6 | 1563 | 29 | 77 | 878 | | | |
| 7 | 1319 | 30 | 0,0067 | 597 | | | |
| 8 | 1115 | 31 | 58 | 400 | | | |
| 9 | 962 | 32 | 51 | 263 | | | |
| 10 | 0,0837 | 33 | 44 | 0,0169 | | | |
| 11 | 733 | 34 | 38 | 105 | | | |
| 12 | 645 | 35 | 0,0032 | 64 | | | |
| 13 | 569 | 36 | 28 | 38 | | | |
| 14 | 504 | 37 | 24 | 22 | | | |
| 15 | 0,0446 | 38 | 20 | 0,0012 | | | |
| 16 | 396 | 39 | 17 | 7 | | | |
| 17 | 351 | 40 | 0,0014 | | | | |
| 18 | 312 | 41 | 12 | | | | |
| 19 | 277 | 42 | 10 | | | | |
| 20 | 0,0245 | 43 | 9 | | | | |
| 21 | 217 | 44 | 7 | | | | |
| 22 | 192 | 45 | 0,0006 | | | | |
| 23 | 170 | 46 | 5 | | | | |

Aus dem Laboratorium für internationale Meeresforschung in Kiel. Biologische Abteilung Nr. 3.

# Faunistisch-biologische Untersuchungen

über

# Amphipoden der Nordsee.

## I. Teil.

Von

Dr. **J. Reibisch** in Kiel.

Hierzu Tafel IV u. V.

Die Ordnung der Amphipoden gehört zu jenen Tiergruppen, deren Vertreter sich überall im Meere finden, und zwar sowohl als freischwimmende wie als bodenbewohnende Formen. Aus diesem Umstande erklärt sich ohne weiteres ihre große Bedeutung als Fischnahrung. Sehr häufig findet man die Mägen von Fischen fast ausschließlich mit Amphipoden angefüllt: in solchen Fällen handelt es sich dann auch meist um eine einzige Art, für deren Entwickelung die Bedingungen in der betreffenden Gegend besonders günstige waren.

Ein anschauliches Bild von der Massenhaftigkeit einzelner Arten kann man sich leicht machen, wenn man zur Zeit der Ebbe in der Gezeiten-Zone angespültes Seegras oder Algenbüschel untersucht, am besten, indem man dieselben in einem großen Glashafen voll Seewasser abspült. Besonders an den Küsten der Nordsee werden sich da nur selten Stellen finden, an denen nicht eine der häufigsten Arten, *Gammarus locusta,* in großen Mengen gewonnen werden wird. Auch im Sande vergraben finden sich einzelne Arten in großer Zahl. Einen Versuch, die Menge derselben zahlenmäßig festzustellen, hat Dahl gemacht, indem er den Sand, der sich unter 1 qm Fläche befand, etwa 30 cm tief ausgrub. Er erhielt hierbei von einer Art, *Bathyporeia pilosa,* die bis dahin durchaus nicht als häufig galt, ja, von der betreffenden Stelle an der Elbmündung überhaupt noch nicht nachgewiesen war, über 800 Stück unter einem qm Fläche, während sich bei Dahme (Nordecke der Lübecker Bucht) auf derselben Fläche 1750 Stück fanden.

Die Strandzone ist ohne Zweifel sehr günstig für das Zusammenspülen von losgerissenen Meerespflanzen oder von Tieren, welche nicht kräftig genug sind, um mit Erfolg gegen die Brandungswellen anzukämpfen. Es wird dieser Umstand auch meist als Grund dafür angesehen werden müssen, daß man in der freien See solche Organismen nur ganz ausnahmsweise in so großen Mengen findet, wie in der Strandzone. Gerade bei Amphipoden zeigt es sich aber häufiger, daß auch fern von der Küste eine Art oder auch mehrere Arten nebeneinander in großen Massen vorkommen. Besonders ist das an solchen Arten leicht nachzuweisen, die an festsitzenden Algen oder an verzweigten Tierstöcken, wie Hydroiden und Bryozoen, sich festklammern. Werden solche Tierstöcke durch ein größeres Schleppnetz heraufbefördert, so sind sie meist noch von einer Anzahl von Amphipoden besetzt, wobei man doch fast immer annehmen kann, daß viele dieser Tiere bereits beim Aufholen des Netzes abgespült worden sind. Einzelne Formen, wie z. B. manche Caprelliden, sitzen allerdings so fest, daß sie nur mit Mühe unverletzt von ihrem Wohntier entfernt werden können.

Ausschließlich schwimmende Formen und als solche dem Plankton zuzurechnen sind die Hyperiden, bei denen außer den 3 Pleopodenpaaren, die bei den meisten Amphipoden als Schwimmfüße ausgebildet sind, auch die Uropoden durch ihre fächerartige Gestalt eine besondere Anpassung an das pelagische Leben zeigen. Aber auch bei den übrigen Gruppen der Amphipoden findet man Arten, die gelegentlich in großen Mengen als Bestandteile des Plankton sich finden. Es sei hier nur an *Apherusa Clevei* und an *Phtisica marina* erinnert. Besonders bei der letzteren, welche die typischen Formen der Caprelliden besitzt, muß die schwimmende Lebensweise besonders auffallen.

Wenn man nach den eingehenderen Arbeiten über Amphipoden, wie in denen von G. O. Sars und Norman, die Verbreitung der einzelnen Arten verfolgt, so findet man fast immer Punkte in Küsten-

nähe als Fundorte angegeben. Nun gibt es ja eine große Anzahl von Arten, die nur in ganz flachem Wasser gedeihen können, wie z. B. die meisten Arten des Genus *Gammarus;* ja, die Orchestiden leben in der Regel in einiger Entfernung vom Wasser im feuchten Ufersand. Die Mehrzahl der Amphipoden-Arten kommt aber, wenn nicht ausschließlich, so doch recht häufig, auch in tieferem Wasser vor, wenn nur die Bodenverhältnisse der Bewegungsweise der betreffenden Formen kein Hindernis bieten. Während die zuerst erwähnten Arten in ihrer Verbreitung auf die unmittelbare Küstennähe beschränkt sind, werden die übrigen Arten, entsprechend ihrer Anpassungsfähigkeit an verschiedene Tiefen, auch in größerem Abstande von der Küste gefunden werden können.

Je steiler eine Küste abfällt, um so schmäler wird der Gürtel sein, innerhalb dessen man die vom Ufer her bekannten Amphipoden antrifft, und von einer gewissen Tiefe an werden nur noch einzelne Tiefenformen nachweisbar sein. Die Nordsee bildet, abgesehen von einem relativ schmalen Streifen entlang der norwegischen Küste, ein flaches Gewässer, das speziell in dem den deutschen Untersuchungen zugewiesenen Abschnitt nur wenige Tiefen unter 100 m aufweist, und in diesem Gebiete ist daher ein großer Teil jener Amphipoden zu erwarten, welche an den umgrenzenden Küsten gefunden werden. Wegen des Mangels an Bewachsung des Bodens durch Phanerogamen und Algen im ganzen Gebiete der freien Nordsee fallen natürlich jene Amphipodenformen fort, welche in ihrem Vorkommen an derartige Pflanzen gebunden sind. Und das ist ein nicht unbeträchtlicher Teil der an der Küste, besonders in der Gezeitenzone in großen Mengen auftretenden Formen.

Ihrem Aufenthaltsort nach kann man die Amphipoden in 4 Hauptgruppen einteilen, und zwar in

1. Pelagische Formen.
2. Formen, die direkt über dem Boden schwimmen.
3. Formen, die auf festsitzenden Organismen, wie Algen, Spongien, Hydroiden, Bryozoen herumkriechen, bezw. sich an denselben festklammern.
4. Formen, die sich im Boden selbst aufhalten.

Systematische Bedeutung ist dieser Einteilung nicht beizumessen, denn es kommen Formen von sehr verschiedenem Bau unter denselben Bedingungen vor, wie auch sehr nahe verwandte Arten an ganz verschiedene Verhältnisse angepaßt sein können. So ist die von Spence Bate und Westwood angewandte Einteilung der Gammarina in die Sub-Divisionen Vagantia und Domicola von der neueren Systematik als unhaltbar aufgelöst worden.

Die erste Gruppe gehört dem Plankton an, und die ihr ausnahmslos zuzurechnende, bereits oben erwähnte Familie der Hyperidae ist in den folgenden Untersuchungen unberücksichtigt geblieben. Dagegen sind die einzelnen schwimmenden Vertreter anderer Familien, die in ihrer Gesamtheit die Gruppen 2 bis 4 bilden, aufgenommen.

Eine scharfe Trennung der 2. Gruppe von der ersten ist nicht wohl durchführbar, besonders da Vertreter derselben gelegentlich auch, und zwar manchmal in großen Mengen, an der Oberfläche schwimmend gefunden werden. Regelmäßig kommen diese Formen jedenfalls nur am Boden vor, an den sie vor allem durch ihre Nahrung gefesselt sind, und es ist in den einzelnen Fällen noch festzustellen, ob das Verlassen des Bodens mit Nahrungsverhältnissen zusammenhängt oder vielleicht in Beziehung zur Fortpflanzung steht.

Typische Vertreter der 3. Gruppe sind die Caprelliden, die sich oft in großen Mengen besonders an Bryozoen und Hydroiden finden. Ihre Körperform ahmt häufig die Gestalt einzelner Abschnitte der Tierstöcke, auf denen sie sitzen, so täuschend nach, daß es nicht leicht wird, sie an ihren Wohntieren zu erkennen. Gerade die Caprelliden hat man daher auch vielfach als ein Beispiel für Mimicry durch Anpassung in der Form angeführt; es ist aber zu bedenken, daß in der Tiefe, in der diese Formen vielfach leben, wegen schwachen Lichtes ein Schutz durch Nachahmung in der Form garnicht zu erwarten ist. Dazu kommt noch, daß viele zum Teil sehr häufige Arten, wie z. B. *Caprella linearis,* sehr intensiv leuchten, sodaß hierdurch besonders in der Dunkelheit jeder Vorteil einer Formanpassung verloren gehen würde. Wahrscheinlicher ist es, daß die Gliederung des Körpers und seiner Anhänge in Stücke von ungefähr derselben Länge, wie die einzelnen Abschnitte der Wohntiere, z. B. mancher Bryozoen, sie aufweisen, für die Fortbewegung auf letzteren von Vorteil ist. In ganz flachem Wasser kann allerdings die Anpassung in

Form und Farbe einen gewissen Schutz gegen Feinde gewähren, als Grund für die Erwerbung der Formähnlichkeit erscheint aber der Vorteil der leichteren Fortbewegung viel eher zwingend, weil hier aus inneren Ursachen heraus die Änderung in der Gestalt veranlaßt wird. Von den übrigen Familien der Amphipoden sind gleichfalls viele Arten besonders dazu angepaßt, sich an Pflanzen oder Tieren anzuklammern. Häufig ist dies schon an der starken Ausbildung der Krallen des 5. bis 7. Beinpaares zu erkennen, wie dies beispielsweise bei vielen Photiden und Podoceriden hervortritt.

Die 4. Gruppe schließt sich eng an die zweite an, indem einzelne Arten derselben sowohl gute Schwimmer sind als auch die Fähigkeit besitzen, sich mit großer Geschwindigkeit grabend in den lockeren obersten Bodenschichten bewegen zu können. Man findet derartige Formen im Sand wie im Schlick. Zur 4. Gruppe sind auch jene Arten zu rechnen, die in selbstgebauten Röhren wohnen, welche sie, wie die Einsiedlerkrebse ihre Schneckenhäuser, mit sich herumtragen. Während einzelne dieser Formen, wie z. B. manche Ampelisciden, ihre Schwimmfähigkeit durch diese Lebensweise durchaus nicht eingebüßt haben, scheinen andere, wie *Cerapus* und *Siphonoecetes,* nach der Form ihres hinteren Körperabschnittes zu urteilen, nur noch sehr schlechte Schwimmer zu sein. Schließlich gehören der 4. Gruppe auch die Orchestiden an, welche in der Regel außerhalb des Wassers im feuchten Sande zuweilen massenhaft angetroffen werden.

In Bezug auf die Systematik schließe ich mich vollständig der von G. O. Sars in erster Linie auf Grund der Kauorgane durchgeführten Einteilung an, der z. B. auch Norman und Chevreux in ihren umfassenden Arbeiten über Amphipoden gefolgt sind. Ein ausführliches Literaturverzeichnis zu geben erscheint überflüssig, da in erster Linie die Arbeiten von Stebbing (Challenger-Report, Zoology, Vol. 29, 1888), Della Valle (Fauna und Flora des Golfs von Neapel, Vol. 20, 1893) und Chevreux (Résultats des Campagnes scientifiques du Prince de Monaco, Vol. 16. 1900) solche enthalten. Die wichtigsten Arbeiten sind in einem Verzeichnis zusammengestellt, während die übrigen Citate im Text direkt gegeben werden sollen.

Auf eine vollständige Synonymie für die einzelnen Arten konnte in den meisten Fällen verzichtet werden, und die Arten sind unter den hauptsächlich von G. O. Sars und Norman auf ihre Berechtigung hin genau geprüften Namen angeführt; nur da, wo Änderungen in der Namengebung notwendig erschienen, ist eine möglichst genaue Synonymie durchgeführt.

Über die Amphipoden an den Küsten der Nordsee liegt eine Anzahl sehr ausführlicher Arbeiten vor. Eine eingehende Untersuchung der an den deutschen Küsten vorkommenden Amphipoden fehlt aber bisher. Eine sehr ausführliche und genaue Zusammenstellung des auf einzelnen Fahrten der Kieler Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere gewonnenen Amphipodenmaterials enthält der hierüber von Metzger erstattete Bericht.[1]) Die Amphipoden der Kieler Bucht sind von Blanc[2]) zusammengestellt, und vor kurzem ist eine Bearbeitung der Helgoländer Amphipoden von Sokolowsky[3]) erschienen. In dieser Arbeit ist auch in Anlehnung an Sars die weitere Verbreitung der angeführten Arten angegeben; die Zitate über das Vorkommen an der deutschen Küste sind hier aber fehlerhaft, da alle von Hoek an der holländischen Küste gemachten Funde fast regelmäßig auf die deutsche Küste übertragen sind. Allerdings dürften wohl die meisten oder alle von Hoek in den holländischen Gewässern und gleichzeitig von Sokolowsky für Helgoland nachgewiesenen Arten auch vor den ostfriesischen Inseln vorkommen, aufgefunden sind dieselben dort aber zum größten Teile noch nicht. Die dänischen Gewässer sind eingehend durch Meinert[4]) untersucht, und die Amphipoden der norwegischen Küste haben durch G. O. Sars eine für die Kenntnis der nordischen Amphipoden überhaupt grundlegende Bearbeitung erfahren. Von der britischen Küste sind abgesehen von den älteren Arbeiten von Bate und Westwood in erster Linie die kritischen Zusammenstellungen der britischen Amphipoden durch Norman hervorzuheben. Neben diesen sind noch Untersuchungen von A. O. Walker und von Thomas Scott von

[1]) Crustaceen aus d. Ordnungen Edriophthalmata u. Podophthalmata. Jahresber. d. Kommission z. wissensch. Untersuchung d. deutschen Meere in Kiel für d. Jahre 1872, 1873. II. u. III. Jahrg. 1875.

[2]) Die Amphipoden der Kieler Bucht. Nova Acta d. Kaiserl. Leop. Carol. Deutschen Akademie d. Naturf. Vol. 47. 1884.

[3]) Die Amphipoden Helgolands. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen. N. F. 4. Bd. Abtlg. Helgoland 1900.

[4]) Crustacea Isopodo, Amphipoda et Decapoda Daniae. Naturhist. Tidskrift Vol. 11. 1877. Nachtrag 1880.
Det videnskabelige Udbytte af Kanonbaaden „Hauchs" Togter. Crustacea malacostraca. Kjöbenhavn 1893.

großer Bedeutung. Für die holländische Küste hat Hoek[1]) eine größere Anzahl Arten beschrieben; ganz besonders wertvoll sind an dieser Arbeit die äußerst genauen Zeichnungen, die auch bei zweifelhaften Arten stets erkennen lassen, welche Form dem Verfasser vorgelegen hat. Die von Della Valle bearbeiteten „Gammarini" des Golfes von Neapel[2]) bieten, obgleich sämtliche nordische Arten in diesem Werke Aufnahme gefunden haben, bei der Untersuchung arktischer und borealer Formen keinen Vorteil. Bei der unverkennbaren Tendenz, die Artenzahl möglichst zu reduzieren, sind vielfach eine ganze Anzahl sehr klar unterschiedener Arten in eine einzige zusammengeworfen, ohne daß auch nur der Versuch gemacht würde, einen Grund für eine solche radikale Zusammenfassung anzugeben. Es ist das um so bedauerlicher, als auch die sorgfältigen Angaben über die geographische Verbreitung ganz unbrauchbar dadurch werden, daß sie sich häufig auf eine ganze Anzahl verschiedener Arten beziehen.

Es zeigt sich, daß in der Nordsee eine Mischung von Amphipoden aus verschiedenen Faunengebieten statthat; es finden sich daselbst Formen, deren Vorkommen bis nach Spitzbergen hin nachgewiesen ist neben solchen, die ihre Hauptverbreitung im Mittelmeer und an den atlantischen Küsten von Frankreich und Spanien haben. Die nordische Fauna scheint hierbei zu überwiegen. Für das Vordringen in die Nordsee liegen aber auch die Verhältnisse für die nordischen Formen günstiger. Tiefenformen können den Weg durch die norwegische Rinne einschlagen, während Arten, die im flachen Wasser leben, wenn sonst ihnen die Existenzbedingungen es gestatten bis zur Südküste von Norwegen zu gelangen, durch Strömungen leicht über die Tiefen der norwegischen Rinne und des Skagerrak hinweggeführt werden und sich in den flachen Gebieten der Nordsee festsetzen können. Atlantischen Formen aus tiefem Wasser steht der Weg vom Norden her in gleicher Weise offen, während für Flachwasser-Amphipoden aus wärmeren Gebieten als Zugangsstraße zur Nordsee jetzt wohl ausschließlich der Kanal in Frage kommt. Denn bei dem Vordringen an der west-schottischen Küste nach Norden wird die niedrige Temperatur im Winter einer weiteren Ausbreitung alsbald ein Ziel setzen.

Die in der folgenden Aufzählung enthaltenen Amphipoden entstammen einmal den von Deutschland während der Jahre 1902 und 1903 untersuchten Stationen der Terminfahrten. Neben diesen 15 von N 1 bis N 15 bezeichneten Stationen kommen dann noch die Fänge in Betracht, welche auf zwei im März und Juli 1903 von der Kgl. Biologischen Anstalt in Helgoland unternommenen Fischereifahrten von dem Verfasser ausgeführt werden konnten. Diese Fänge sind fortlaufend als St 1 bis St 78 bezeichnet, und zwar fallen St 1 — St 53 in den März, St 54 — 78 in den Juli. In Tabelle 1 sind die Positionen der Terminstationen und der Helgoländer Stationen angegeben. In den Jahren 1902 und 1903 haben in der Nordsee 7 Terminfahrten stattgefunden, und zwar 1902 im Mai, August und November, 1903 im Februar, Mai, August und November. Hierzu sei bemerkt, daß die Dredge, das Hauptfanggerät für Amphipoden auf den Terminfahrten, nie auf allen Stationen einer Fahrt angewandt worden ist, ganz abgesehen von jenen, an denen wegen schlechten Wetters überhaupt nicht gearbeitet werden konnte. Durch Stromversetzungen ist auch manchmal die vorgeschriebene Position nicht genau getroffen worden, besonders wenn bei andauernd bedecktem Himmel die Bestimmung der Sonnenhöhe nicht möglich war. Am stärksten werden solche Abweichungen auf den tiefen Stationen des Skagerrak erkennbar, wo die Lotungen wegen des verhältnismäßig steil abfallenden Bodens selbst bei Stellen, die ganz nahe bei einander liegen, große Unterschiede aufweisen können. So ist die Terminstation N 9 durch Landpeilung sehr genau zu bestimmen, und doch schwanken die Lotungen hier zwischen 400 und 480 m. Die Tiefenzahlen geben also bei den Terminstationen nur einen Mittelwert an, von dem allerdings bei den weniger als 100 m betragenden Tiefen die Abweichung selten mehr als 2 oder 3 m ausmacht. Die Stationen der Helgoländer Fahrten, an denen nur Fänge vorgenommen wurden, die im allgemeinen keine Amphipoden liefern (wie die Planktonfänge), sind in dem Verzeichnis nicht mit angeführt. Vorkommenden Falls sind solche Positionen im Text direkt eingetragen. Die Fundortangaben in den Tabellen enthalten neben der Stationsnummer auch die Zeit des Fanges. So bedeutet 02 VIII N 6, daß die betretreffende Art im August 1902 auf Station 6 der Terminfahrten sich fand, 03 III St. 11, daß sie im März 1903 auf Station 11 der Helgoländer Fahrten erbeutet wurde.

[1]) Crustacea Neerlandica. Tijdschr. d. Nederlandsch Dierkund. Vereeniging. 2. Série. Vol. 1. 1889.
[2]) Fauna u. Flora d. Golfes v. Neapel. Vol. 20. 1893.

Tabelle 1.

| Station | Position Länge N | Position Breite O | Tiefe m | Bodenbeschaffenheit | Station | Position Länge N | Position Breite O | Tiefe m | Bodenbeschaffenheit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N 1 | 54° 41′ | 6° 12′ | 40 | Feiner Sand | St 41 | 57° 46′ | 11° 1′ | 40 | Schlick |
| N 2 | 55° 22′ | 4° 18′ | 44 | Feiner Sand | St 42 | 57° 52′ | 10° 30′ | 102 | Toniger Schlick |
| N 3 | 56° 2′ | 3° 16′ | 73 | Feiner Sand | St 43 | 57° | 8° | 30 | Feiner Sand, etw. Riffgrund |
| N 4 | 56° 41′ | 2° 15′ | 87 | Feiner Sand, etwas Schlick | St 49 | 55° 14′ | 6° 22′ | 49 | Schlick |
| N 5 | 57° 24′ | 3° 41′ | 64 | Feiner Sand | St 54 | 54° 15′ | 7° 56′ | 24,5 | Feiner Sand |
| N 6 | 57° 54′ | 4° 48′ | 100 | Feiner Sand mit Schlick | St 55 | 54° 37′ | 7° 45′ | 20 | Feiner Sand, wenig Schlick |
| N 7 | 58° 8′ | 5° 19′ | 250—300 | Schlick | St 56 | 54° 43′ | 7° 42′ | 19 | Grober Sand |
| N 8 | 58° 19′ | 5° 43′ | 300—360 | Toniger Schlick | St 57 | 55° 0′ | 7° 59′ | 15 | Grober Sand |
| N 9 | 57° 52′ | 7° 20′ | 400—480 | Ton | St 58 | 55° 23′ | 7° 25′ | 25 | Feiner Sand |
| N 10 | 57° 32′ | 7° 36′ | 210 | Schlick | St 59 | 55° 36′ | 7° 34′ | 15 | Riffgrund |
| N 11 | 57° 17′ | 7° 47′ | 62 | Sand, zum Teil grob | St 60 | 55° 32′ | 7° 6′ | 30 | Feiner Sand |
| N 12 | 57° 0′ | 8° 3′ | 30 | Sand | St 61 | 55° 8′ | 6° 27′ | 41 | Schlick |
| N 13 | 56° 45′ | 6° 6′ | 55 | Grober und feiner Sand, zum Teil mit Schlick | St 62 | 55° 5′ | 7° 12′ | 32 | Feiner Sand |
| | | | | | St 63 | 54° 54′ | 8° 16′ | 10 | Grober Sand |
| N 14 | 56° 13′ | 7° 21′ | 33 | Sand | St 64 | 55° 14′ | 4° 9′ | 47 | Feiner Sand mit Schlick |
| N 15 | 55° 2′ | 7° 30′ | 24 | Grober Sand | St 65 | 55° 39′ | 2° 31′ | 70 | Feiner Sand mit Schlick |
| St 3 | 54° 27′ | 7° 3′ | 37,5 | Feiner Sand | St 67 | 54° 29′ | 2° 8′ | 19 | Feiner Sand |
| St 7 | 54° 44′ | 6° 4′ | 38 | Feiner Sand | St 68 | 54° 23′ | 2° 8′ | 33 | Grober Sand |
| St 9 | 55° 3′ | 4° 57′ | 40 | Feiner Sand | St 70 | 54° 10′ | 2° 9′ | 39 | Sand |
| St 11 | 55° 16′ | 4° 29′ | 40 | — | St 71 | 54° 10′ | 2° 17′ | 39 | Sand |
| St 12 | 55° 32′ | 4° 3′ | — | — | St 72 | 52° 41′ | 3° 22′ | 37 | Sand |
| St 16 | 55° 52′ | 2° 29′ | 90 | Schlick | St 73 | 53° 11′ | 4° 19′ | 32 | Sand |
| St 17 | 54° 16′ | 4° 2′ | — | — | St 74 | 53° 43′ | 5° 0′ | 36 | Feiner Sand mit Schlick |
| St 19 | 54° 44′ | 3° 19′ | 42 | Feiner Sand | St 75 | 53° 30′ | 5° 35′ | 16 | Feiner Sand |
| St 21 | 55° 35′ | 2° 51′ | 58 | Feiner Sand | St 76 | 53° 50′ | 6° 29′ | 26 | Riffgrund |
| St 25 | 54° 34′ | 4° 41′ | 51 | Schlick | St 77 | Vor Juist | | 14 | Sand |
| St 28 | 53° 55′ | 6° 10′ | 27,5 | Riffgrund | St 78 | 54° 48′ | 5° 49′ | 40 | Feiner Sand |
| St 31 | 55° 0′ | 6° 55′ | 37 | Grober Sand | | | | | |

## Lysianassidae.

Die Familie der Lysianassidae hat ihre Hauptverbreitung in den kalten Gebieten. Besonders in der arktischen Region kommen einzelne Arten in ungeheuren Mengen vor, und ihre Bedeutung im Stoffwechsel des Meeres wird deutlich, wenn man bedenkt, daß die Kadaver der Wale fast immer von diesen Aasfressern wimmeln. In dem untersuchten Gebiete der Nordsee sind die Bedingungen für eine solche Massenentwickelung nur selten vorhanden, einzelne Arten zeigen aber doch innerhalb des Gebietes eine sehr allgemeine Verbreitung, ohne daß eine besondere Abhängigkeit von der Tiefe oder der Bodenbeschaffenheit erkennbar würde.

Bisher sind 8 Arten dieser Familie erbeutet worden.

### 1. **Acidostoma obesum** (Sp. Bate.)

Die Art ist sehr leicht erkennbar, vor allem an dem gedrungenen Körperbau, der kräftigen vorderen Antenne mit der verhältnismäßig stark entwickelten Nebengeisel, sowie an der Form der hinteren 3 Fußpaare, die außergewöhnlich breit und kurz sind.

Auf unseren Fahrten wurden 2 Weibchen von *A. obesum* gefangen, eines westlich von Sylt (03 VII St 62) bei 32 m, eines im Skagerrak (02 VIII N 10) bei 219 m Tiefe.

Die skandinavischen Fundorte verteilen sich vom Trondhjem-Fjord (Norman) bis nach Bohuslän (Lindström). Aus der Sars'schen Angabe, Westküste von Norwegen, ist nicht zu ersehen, ob die Form noch weiter nördlich vorkommt. Im Kattegat ist sie südlich von Skagen sowie bei Anholt nachgewiesen (Meinert), in Großbritannien findet sich die Art bis hinauf zu den Shetland-Inseln, sowie an der Ost-, West- und Südküste. Der südlichste Fundort liegt an der Westküste Frankreichs (Chevreux). Das Tiefenvorkommen wird zu 12 bis 110 Faden (22 bis 201 m) angegeben.

### 2. Callisoma Hopei Costa.

Die Identität dieser von Costa aus dem Mittelmeer beschriebenen Form mit der nordischen *C. crenata* Bate und Westwood hat Norman durch den Vergleich mit Neapler Exemplaren feststellen können.

Es liegen zwei Weibchen, beide aus der Mitte der Nordsee, je aus ungefähr 40 m Tiefe vor.

Die Verbreitung ist ungefähr die gleiche wie von *Acidostoma obesum*. Der nördlichste Fundort ist wiederum der Trondhjem-Fjord, in Skandinavien reicht die Art bis zur Südküste Norwegens und im Kattegat bis Anholt. Die Shetland-Inseln sowie die Ost- und Westküste von Großbritannien beherbergen unsere Form, an der Südküste Englands ist sie dagegen noch nicht nachgewiesen. Vereinzelte Fundorte liegen noch im Süd-Westen von Irland sowie an der französischen Westküste. Das südlichste Vorkommen ist im Mittelmeer bei Neapel (Costa). Die Tiefenangaben schwanken zwischen 29 und 200 m.

### 3. Hippomedon denticulatus (Sp. Bate).

Das charakteristischste Merkmal dieser Art, dem sie auch ihren Namen verdankt, ist der scharf abgesetzte Zahn an der hinteren Ecke der Epimerialplatte des 3. Metasomsegments. Es muß aber erwähnt werden, daß bei jungen Tieren der schmale Einschnitt zwischen der Platte und dem Zahn nur sehr wenig ausgebildet ist. Noch bei Exemplaren von 6 mm Länge ist er nicht immer deutlich; und da gleichzeitig der Zahn hier breiter und kürzer als bei der erwachsenen Form ist, so wird die Unterscheidung von den anderen Arten der Gattung, die allerdings alle ein mehr nördliches Vorkommen zeigen, bisweilen schwierig.

Was die hinteren Antennen der Männchen anlangt, so ist hervorzuheben, daß die Calceoli nicht erst bei der letzten, die völlige Ausbildung einleitenden Häutung erworben werden. Bei Tieren mit ungefähr 40 Geiselgliedern sind die proximalen Glieder noch unentwickelt, aber auch die nächsten schon scharf gesonderten Glieder sind nicht alle mit Calceolis versehen; erst weiter hinten kommt eine kurze Strecke, völlig entwickelter Glieder, während nach dem Ende zu wiederum Glieder mit Calceolis zwischen solchen ohne dieselben stehen. Männchen mit ungefähr 50 Geiselgliedern zeigen dieselben sämtlich mit Calceolis bewaffnet. Diese volle Entwickelung habe ich erst bei Tieren von 13 bis 15 mm Länge gefunden, während 2 Männchen von je 12 mm Länge nach dem Bau der Antennen zu urteilen jedenfalls noch eine Häutung durchzumachen hatten. Die Entwickelung der vorderen Antenne scheint übrigens der der hinteren nicht immer parallel zu gehen. Unter den 3 Männchen mit völlig ausgebildeten hinteren Antennen befindet sich nur eins, das die vordere Antenne in der Ausbildung besitzt, wie es Sars für das erwachsene Männchen abbildet, für das er eine Länge von 11 mm angibt. Bei den anderen beiden Exemplaren entspricht die vordere Antenne der Sars'schen Abbildung für das junge Männchen, d. h. die Geiselglieder sind relativ kurz und ihre Zahl steht hinter der beim erwachsenen Tier zurück.

Nach dem auf den Nordseefahrten gewonnenen Material ist *Hippomedon denticulatus* in der ganzen freien Nordsee und im Skagerrak verbreitet. Die Form liegt von 16 Stationen vor, an keiner dieser Stationen sind aber mehr als 4 Stück gefangen worden, meist nur ein oder zwei Individuen. Weibchen mit Eiern zwischen den Brutlamellen sind im März, August und November erbeutet. Die Tiefe an den einzelnen Fangstationen schwankt zwischen 30 und 100 m und der Boden besteht bald aus gröberem oder feinerem Sand, bald aus Schlick. Nur wenige Amphipoden des untersuchten Gebietes zeigen eine solche Verbreitung und Anpassung an die verschiedenen Bodenverhältnisse.

An der skandinavischen Küste kommt *H. denticulatus* von Vadsö, Ost-Finmarken bis nach Bohuslän vor, ferner an der dänischen Westküste und im Kattegat, an der britischen Ost- und Westküste, im Süd-

westen von Irland, bei den Hebriden, den Shetland-Inseln, halbwegs zwischen den Hebriden und den Färöer (Porcupine St 51) und in Grönland. Weiter südlich findet er sich an der Westküste Frankreichs sowie bei Neapel. Als größte Tiefe gibt Norman die obige Station der Porcupine-Expedition mit 440 Faden (ungefähr 800 m) an, während nach Sars das häufigste Vorkommen zwischen 11 und 37 m liegt.

### 4. Tryphosa nana (Kröyer).

Nach Sars, der diese Art erst als *Tryphosa ciliata* beschrieb, sie dann aber seinem neuen Genus *Orchomenella* einverleibte, wäre als Name *Orchomenella nana* zu wählen. Da aber, wie Norman hervorhebt, Boeck diese Art zum Typus seiner Gattung *Tryphosa* gewählt hatte, ist mit Bonnier, der die Identität nachgewiesen hat, der Boeck'sche Gattungsname an Stelle von *Orchomenella* wieder einzuführen.

Das bequemste Erkennungszeichen dieser Art ist die Größe des ersten Gliedes der Nebengeißel der oberen Antenne, die bei keiner der näher verwandten Arten eine derartige Entwickelung zeigt. Vergleiche hierzu die Abbildung von Hoek (l. c. Pl. VIII. Fig. 1).

Die vier Stationen, an denen die Art gefunden wurde, weisen eine Tiefe von 16 bis 47 m auf; der Boden besteht aus feinem Sand, an der tiefsten Stelle mit wenig Schlick durchmischt. Drei der Stationen liegen mitten in der Nordsee, die vierte vor Ameland. Ein Weibchen mit Eiern maß 6 mm, ein solches ohne Eier 5 mm. Diese beiden, ebenso ein erwachsenes Männchen, sind im Juli gefangen, während im August und November nur ein paar junge Weibchen erbeutet wurden.

*Tryphosa nana* findet sich an der West- und Südküste Norwegens, sowie im Kattegat südlich bis zum Samsöbelt und dem Eingang zum Öresund. Ferner ist sie für die Shetland-Inseln, die Ost- und Westküste von Großbritannien und von Irland nachgewiesen. Des weiteren kommt sie an der Nord- und Westküste Frankreichs sowie im Mittelmeer bei Neapel und in der Adria vor.

### 5. Tryphosella Höringii (Boeck).

Der Gattungsname *Tryphosella* ist von Bonnier für diejenigen Arten aufgestellt worden, welche Sars nach Abspaltung seiner Gattung *Orchomenella* in der Boeck'schen Gattung *Tryphosa* belassen hatte.

Es liegt nur ein Weibchen mit Eiern aus der Norwegischen Rinne aus einer Tiefe von 101 m vor, das im August gefangen wurde.

Als Fundorte sind die Westküste Norwegens nördlich bis zu den Lofoten, Bohuslän sowie das Kattegat bis zum Eingang des Öresund genannt, von Großbritannien Nord-Wales sowie einzelne Punkte an der West- und Ostküste von Schottland. Außerdem kommt die Art in Labrador vor. Für die Tiefenverbreitung gibt Sars 92 bis 275 m, Meinert 7 bis 20 m an.

### 6. Tryphosites longipes (Sp. Bate).

Die Gattung *Tryphosites* ist von Sars von *Tryphosa* abgetrennt worden, und zwar wegen des in eine scharfe, nach vorn gerichtete Spitze auslaufenden oberen Abschnittes des Epistom. An diesem sehr auffälligen Merkmal ist die Art auch sofort von allen verwandten Formen zu unterscheiden.

Die Erhaltung der Augen ist bei den in Alkohol konservierten Tieren sehr verschieden. Manchmal treten sie sehr deutlich hervor, manchmal sind sie kaum zu erkennen; und bei einem Weibchen von 8 mm Länge habe ich auch bei starker Vergrößerung nicht einmal eine Spur der kleinen lichtbrechenden Einzellinsen erkennen können. Ob die Entwicklung der Augen eine schwankende ist, läßt sich hieraus noch nicht mit Sicherheit schließen. Ich möchte es fast annehmen, da sonst auch bei in der Häutung begriffenen Tieren Andeutungen der Linsen wahrzunehmen sind.

Auf unseren Fahrten wurde *Tryphosites longipes* inmitten der Nordsee und am Rande der Doggerbank an 6 verschiedenen Stationen, darunter an 2 (N 4 und N 5) auch zu verschiedenen Jahreszeiten, gefunden. Von den 16 erbeuteten Exemplaren maßen die größten (je ein Männchen und ein Weibchen) 11 mm. Ein im November gefangenes Weibchen trug Eier. Weibchen von 8 mm Länge sind jedenfalls noch nicht völlig entwickelt, da die Anzahl der Geißelglieder beider Antennen bei diesen regelmäßig eine geringere ist als bei solchen von 10 und 11 mm, bei denen die obere Antenne aus ungefähr 18, die untere aus 14 bis 15 Gliedern besteht. Das Tiefenvorkommen in der Nordsee liegt nach unseren bisherigen Fängen zwischen 39 und 87 m.

An der ganzen norwegischen Küste von Ost-Finmarken bis zur Südküste ist die Art nach Sars häufig. Dazu kommen verschiedene Fundstellen im Kattegat. Für Großbritannien sind die Shetland-Inseln, zahlreiche Punkte an der schottischen Küste, sowie einige Stellen an der Ostküste von England angeführt. Weitere Fundorte liegen im Süd-Westen von Irland, südlich von Rockall (Norman, Porcupine St 23a), an der Westküste Frankreichs südlich bis zum Golf von Biscaya und im Mittelmeer bei Neapel und Sizilien. Die Verbreitung ist hiernach eine sehr weite. Auch die Tiefenanpassung ist verhältnismäßig groß. Im Norden werden 18 bis 229 m angegeben, das tiefste Vorkommen ist von Chevreux bei 1210 m (an der sicilianischen Küste) nachgewiesen.

## 7. Menigrates obtusifrons Boeck. (Taf. IV Fig. 1.)

Nach den Zeichnungen von Sars ist diese Art nicht schwer zu erkennen. Besonders die gedrungene Form der Antennen und die letzten Glieder des ersten Beinpaares erleichtern die Unterscheidung von *Onesimus plautus*, mit dem sie nach der Angabe von Sars öfters verwechselt worden ist. Das einzige mir vorliegende Exemplar, ein Männchen, stimmt in den angegebenen Punkten völlig mit Beschreibung und Abbildung von Sars überein, zwei Abweichungen, die weniger wichtig erscheinen, muß ich aber hervorheben. Einmal zeigt der seitliche nach vorn gerichtete Fortsatz des Kopfes an der Spitze und am oberen Rande eine deutliche Zähnelung. Und dann tragen beide Äste des dritten Uropodenpaares mehrere Borsten, während Sars in der Beschreibung des Genus besonders hervorhebt, daß dieselben vollkommen unbewaffnet („quite naked") seien. In der Zeichnung ist am Innenrande des Außenastes allerdings eine kleine Borste angegeben. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß es sich hier um einen sekundären Geschlechtscharakter handelt, und daß Sars keine völlig erwachsenen Männchen vorgelegen haben. Die kurzen kräftigen Dornen (Fig. 1, Taf. IV) tragen alle eine feine ungefähr in der Mitte abzweigende Nebenborste. Der Innenast trägt am Außenende zunächst dem Basalglied 2 einfache Borsten, dann nach der Spitze am Innen- und Außenrande je 2 Dornen. Am Außenrande des Außenastes stehen vier Fiederborsten. In der Figur sind die Fiedern zu kräftig gezeichnet; bei der gewählten Vergrößerung sind dieselben noch kaum zu erkennen. Am Ende des Außenrandes sitzen noch 2 Dornen, ebenso am Innenrande.

Die Größe des aus 101 m vom Südrand der norwegischen Rinne stammenden Männchens beträgt 15 mm. Die Antennen sind so gestaltelt wie sie Sars abbildet, doch erscheinen beide etwas kräftiger. Die Zahl der Geißelglieder ist dieselbe wie in der Sars'schen Abbildung, 13 Glieder bei der oberen, 14 bei der unteren Antenne. Diejenigen der unteren Antenne sind etwas mehr gestreckt, schon die ersten Glieder sind ein wenig länger als breit. Auch dieser Umstand könnte in dem Sinne gedeutet werden, daß es sich bei Sars um ein junges Männchen gehandelt habe, denn es erscheint nicht ausgeschlossen, daß bei einer weiteren Häutung des Exemplares, welches Sars als Unterlage bei seiner Zeichnung gedient hat, noch eine Streckung besonders der unteren Antennen eingetreten wäre. Gerade bei den Lysianassiden ist, wie schon oben bei *Hippomedon denticulatus* hervorgehoben wurde, die Bewaffnung der Geißelglieder mit Calceolis kein Zeichen für die völlige Entwickelung, da hier häufig noch ganz junge Männchen diese Organe schon an allen Geißelgliedern tragen.

*M. obtusifrons* scheint ziemlich selten zu sein, denn die Art wird nur von ganz wenigen Fundorten an der skandinavischen Küste von Mandal bis zu den Lofoten, sowie von Guernesey (Hornell, zit. nach Norman) und von Banff am Moray Firth angeführt. Als Tiefe gibt Sars 37 bis 93 m an.

## 8. Lepidepecreum longicorne (Sp. Bate).

Nach den internationalen Nomenklaturregeln ist der Name *L. carinatum* desselben Autors nicht anzuwenden, wie dies Sars tut, sondern es ist die ältere Artbezeichnung zu wählen, wenn dieselbe auch zunächst in Verbindung mit einem anderen Genus *(Anonyx)* gebraucht wurde. Die Form ist sehr scharf charakterisiert; besonders auffällig ist die Gestalt des seitlichen, nach vorn und unten gerichteten Kopf-Fortsatzes.

*L. longicorne* ist nur an einer Station mitten in der Nordsee (N 5) aus 64 m erbeutet. Es liegen ein junges Männchen und Weibchen von 6 beziehentlich 5 mm Länge vor.

Von Skandinavien wird die Form nur von der Südküste von Norwegen erwähnt. Metzger führt sie von Helgoland an. Das nördlichste Vorkommen liegt bei den Shetland-Inseln; in Schottland findet sich die Art nur an der Ostküste, und zwar im Moray Firth und im Firth of Forth. Außerdem ist sie im Westen und Süden von Irland, bei den Kanal-Inseln Guernesey und Jersey, an der französischen Westküste und im Mittelmeer bei Spezia nachgewiesen. Das Tiefenvorkommen wird von 18 bis 68 m angegeben.

Tabelle 2.

**Die Fundorte der Lysianassidae.**

| | *Acidostoma obesum* | *Callisoma Hopei* | *Hippomedon denticulatus* | *Tryphosa nana* | *Tryphosella Höringii* | *Tryphosites longipes* | *Menigrates obtusifrons* | *Lepidepecreum longicorne* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N 1 | — | 02 VIII. | 03 V. | 02 VIII. | - | | | |
| N 2 | — | — | 03 XI. | 02 XI. | — | — | — | |
| N 3 | — | — | — | — | — | 02 VIII. | — | — |
| N 4 | — | — | 02 VIII. | — | — | 02 VIII., XI. | — | |
| N 5 | — | — | 02 XI. | — | — | 02 XI., 03 V. | — | 03 V. |
| N 6 | — | — | 02 VIII. | — | 02 VIII. | — | 02 XI. | — |
| N 10 | 02 VIII. | — | — | — | — | — | — | — |
| N 11 | — | — | 03 V. | — | — | — | — | — |
| N 12 | — | — | 02 XI. | — | — | — | — | — |
| St 16 | — | — | 03 III. | — | — | 03 III. | — | — |
| St 19 | — | — | 03 III. | — | — | 03 III. | — | — |
| St 25 | — | — | 03 III. | — | — | — | — | — |
| St 62 | 03 VII. | — | 03 VII. | — | — | — | — | — |
| St 64 | — | — | — | 03 VII. | — | — | — | — |
| St 65 | — | — | 03 VII. | — | — | — | — | — |
| St 70 | — | — | 03 VII. | — | — | — | — | — |
| St 71 | — | — | 03 VII. | — | — | 03 VII. | — | — |
| St 74 | — | — | 03 VII. | — | — | — | — | — |
| St 75 | — | — | — | 03 VII. | — | — | — | — |
| St 76 | — | 03 VII. | — | — | — | — | — | — |
| St 78 | — | — | 03 VII. | — | — | — | — | — |

## Pontoporeiidae.

Die Familie der Pontoporeiidae ist bei weitem nicht so artenreich als die der Lysianassidae; in dem für uns in Frage kommenden Gebiet spielt sie jedoch eine sehr große Rolle. Es sind alles Formen, die an das Graben im weichen Boden, vor allem in feinem Sand, angepaßt sind. Die Bedingungen in dem größten Teil der Nordsee sind für sie daher sehr günstig; und die Ausbeute, wenigstens an Individuenzahl, würde auf unseren Fahrten eine noch viel größere gewesen sein, wenn die ganz flachen Küstengewässer in die Untersuchung einbezogen gewesen wären. So hebt Metzger ihre große Häufigkeit in der Nähe der ostfriesischen Inseln und im Wattenmeer hervor, und oben habe ich schon erwähnt, welche Mengen von *Bathyporeia pilosa* Dahl an Stellen, an denen eine genaue Festsetzung der Individuenzahl auf bestimmter Fläche möglich war, nachgewiesen hat.

Die Wichtigkeit im Stoffwechsel im allgemeinen erhellt aus der großen Massenhaftigkeit einzelner Arten der Pontoporeiidae. Ihre direkte Bedeutung als Fischnahrung geht aus den Mitteilungen von

Schiemenz über die Holsatia-Expedition 1901[1]) hervor. So wurde bei *Pleuronectes flesus, Pl. platessa* und *Pl. limanda* oftmals der Magen fast ausschließlich mit *Pontoporeia femorata* angefüllt gefunden. In der Nordsee kommt diese Art nur sehr selten vor, dafür sind zwei Arten von *Bathyporeia,* und zwar *B. pelagica* und *B. norvegica,* hauptsächlich im flachen Wasser so häufig, daß sie als Nahrung für Bodenfische in der Nordsee dieselbe Rolle spielen dürften, wie *Pontoporeia* in der Ostsee.

## **Bathyporeia** Lindström.

Von *Bathyporeia* sind aus den die Nordsee begrenzenden Küstenstrichen mehrere Arten beschrieben, doch scheint die Synonymie beziehentlich der Wert der einzelnen Arten noch nicht genau festzustehen. Nach G. O. Sars kommen an der norwegischen Küste 5 verschiedene Arten vor und 4 derselben werden auch von Norman für die britischen Küsten angeführt. Allerdings ist Norman von der Berechtigung der einzelnen Formen als selbständiger Arten nicht völlig überzeugt und beruft sich zur Stütze seiner Ansicht auf die Angaben von Bonnier[2]) über den Dimorphismus der Männchen von *Bathyporeia.* Bonnier kommt aber in seiner Mitteilung zu dem Schlusse, daß die Zweigestaltigkeit ihren Grund nur darin habe, daß die begattungsfähigen Männchen in verschiedenen Merkmalen von den übrigen abweichen. Er führt selbst mehrere Beispiele dafür an, daß das Vorhandensein reifer Spermatozoen nicht notwendig die Möglichkeit der Begattung bedinge und vergleicht dann die äußeren Umwandlungen, die das Männchen von *Bathyporeia* nach Erlangung der physiologischen Reife noch durchmachen muß, mit der Erwerbung des Hochzeitskleides bei höheren Tieren. Ein Dimorphismus im eigentlichen Sinne ist nach ihm also bei *Bathyporeia* nicht vorhanden.

Das sicherste Kennzeichen für die vollständige Ausbildung ist bei den Männchen der Pontoporeiiden, wie auch Sars hervorhebt, das Auftreten der Calceoli an den Geißelgliedern beider Antennenpaare. Bei den Geißeln der unteren Antennen kommt noch hinzu, daß deren Glieder vor der letzten Häutung relativ sehr kurz sind, sodaß bei den proximalen Gliedern die Breite meistens ein mehrfaches der Länge beträgt. Nach der letzten Häutung tritt eine starke Streckung dieser Geißelglieder ein. Am proximalen Ende sind dieselben dann schon länger als breit, während am distalen Ende die Breite von der Länge bei einzelnen Arten um das zehnfache und mehr übertroffen wird.

Bonnier hält es nun für wahrscheinlich, daß nach der Begattung, die allerdings bei den einzelnen Arten nur in ganz bestimmten Jahreszeiten ausgeübt zu werden scheint, die äußeren Charaktere der männlichen Reife sich zurückbilden, um in der nächsten Paarungsperiode wieder aufzutreten. Als Beweis für diese Annahme wird hervorgehoben, daß einige Zeit nach dem Auftreten völlig entwickelter Männchen dieselben wieder verschwinden, während dann Individuen ohne die entsprechenden Reifemerkmale vorkommen, welche die entwickelten Männchen an Größe übertreffen. Diese Begründung ist jedenfalls nicht einwandfrei, vor allem, da wir garnicht wissen, ob einzelne Arten von *Bathyporeia* bei ihrer verhältnismäßig geringen Körpergröße überhaupt genügend lange leben, um mehrere Begattungsperioden durchmachen zu können. Und wenn dies der Fall wäre, müßten sich doch folgerichtig auch ausgebildete Männchen finden, welche sich aus den von Bonnier aufgefundenen großen Formen weiterentwickelt hätten und denselben an Größe noch überlegen wären. Weiterhin ist aber bei der Art des Wachstums der Arthropoden kaum anzunehmen, daß bei neuen Häutungen Sinnesorgane, wie sie die Calceoli darstellen, in Wegfall kommen und daß außerdem eine Verkürzung der einzelnen Antennenglieder stattfinden soll. Höchstens könnte man an ein Abwerfen der Antennengeißel überhaupt denken, mit darauffolgender Neubildung in derselben Entwicklungsfolge wie bei jungen Tieren. Solche Stadien sind aber bisher nicht gefunden. Mehr Wahrscheinlichkeit hat wohl die Annahme, daß sich die Begattungsperiode über einen längeren Zeitraum ausdehnt als Bonnier annimmt. Der Umstand, daß später keine reifen Männchen mehr gefunden wurden, kann seinen Grund wohl darin haben, daß die Zahl der geschlechtsreifen Tiere am Ende der Begattungsperiode eine viel geringere ist als zur Hochzeit derselben, und daß die großen Formen mit noch nicht völlig entwickelten sekundären Geschlechtscharakteren doch noch in der erweiterten Begattungsperiode zu voller Ausbildung gelangen.

[1]) Abhandlungen des deutschen Seefischerei-Vereins. Bd. VII. 1902.

[2]) Comptes rendus hebd. Vol. 111. Paris 1890. p. 987 f.

Die Art der Vermehrung der Geißelglieder der unteren Antennen bei den Männchen von *Bathyporeia* ist bemerkenswert und weicht von der bei den meisten Amphipoden vorkommenden ab. Man findet hier in den letzten der definitiven Ausbildung vorangehenden Stadien entweder schon annähernd die volle Zahl der Antennalglieder, oder es besitzen doch die Endglieder bis auf den Mangel der Calceoli schon ihre endgültige Gestalt. Beides hängt damit zusammen, daß die Vermehrung der Glieder nicht durch immer erneute Teilungen der zunächst gebildeten Glieder während der einzelnen Häutungen sich vollzieht, sondern daß sich am proximalen Ende der Geißel eine Art Sprossungszone findet, deren distales Ende bei jeder Häutung eine Anzahl neuer Glieder liefert. Bei den erwachsenen Männchen ist diese Sprossungszone dann vollständig in die einzelnen Geißelglieder aufgelöst. Bei den meisten übrigen Amphipoden geht die Vermehrung der Geißelglieder in der Weise vor sich, daß einzelne Glieder an den verschiedensten Stellen der Geißel bei der Häutung eine Zweiteilung eingehen. Häufig sieht man hier (z. B. bei *Ampelisca*) Glieder, die äußerlich keine Einbuchtung erkennen lassen, im Innern aber aus zwei scharf getrennten hintereinander liegenden Abschnitten bestehen. Die Bestimmung der Zahl der Antennalglieder ist dann oftmals recht unsicher und weicht auch häufig bei den Antennen der beiden Seiten nicht unbeträchtlich ab. Neben dieser Vermehrung der Glieder durch Zweiteilung kann diejenige durch Sprossung gleichzeitig vor sich gehen, wie dies beispielsweise bei *Hippomedon denticulatus* der Fall zu sein scheint.

## 9. Bathyporeia norvegica G. O. Sars. (Taf. IV Fig. 2—6.)

Die Art, welche in den flacheren sandigen Gebieten der Nordsee allgemein verbreitet zu sein scheint, ist erst durch Sars von den übrigen Arten getrennt worden. Das charakteristischste Merkmal findet sich an der Epimerialplatte des dritten Metasom-Segmentes. Diese trägt an ihrer hinteren unteren Ecke einen nach hinten gerichteten kurzen, zugespitzten Fortsatz. Nach Sars soll dieser Fortsatz bei beiden Geschlechtern in derselben typischen Ausbildung vorkommen. Nach dem mir vorliegenden sehr reichen Material ist diese Spitze aber nur bei den Jungen beiderlei Geschlechts sowie bei den erwachsenen Weibchen vorhanden, während bei den erwachsenen Männchen eine Rückbildung derselben eintritt, sodaß hier nur noch eine ganz wenig hervorragende, stumpfwinklige Ecke übrig bleibt, die allerdings stets deutlich genug ist, um eine sofortige Unterscheidung auch der erwachsenen Männchen von *B. norvegica* von denen der übrigen bekannten Arten zu ermöglichen, bei welchen die Epimerialplatte immer vollständig abgerundet erscheint. Bei jungen Männchen, welche vor der letzten Häutung stehen, kann man gelegentlich die Umwandlung der Epimerialplatte in der angegebenen Weise deutlich erkennen, wie dies bei Fig. 6 zu sehen ist. Der hintere Rand und ein Teil des unteren Randes sind hier schon innerhalb der Epimerialplatte des jungen Tieres fertig ausgebildet, ebenso wie die Borsten auf der Außenfläche nahe der unteren Kante bereits deutlich zu erkennen sind. Die Spitze an der hinteren Ecke zeigt hier dieselbe Form wie bei dem erwachsenen Männchen (Fig. 4). Bei dem systematischen Werte dieses Merkmals verdient diese Abweichung beim erwachsenen Männchen besondere Beachtung. Übrigens sei hier auch die Beborstung derselben Epimerialplatte hervorgehoben, wenn sie auch systematisch nicht dieselbe Bedeutung hat. An der Außenfläche findet sich wie bei allen anderen *Bathyporeia*-Arten eine Anzahl von kurzen Borsten, deren Insertionspunkte in geringer Entfernung von der unteren Kante in einer ungefähr parallel zu letzterer verlaufenden Linie liegen. Am vorderen Ende dieser Reihe stehen die Borsten einfach, während nach hinten zu immer 2 oder mehr Borsten übereinander gelegen sind. Bei *B. norvegica* enthalten diese hinteren Borstenbüschel 4—5 Borsten, und beim erwachsenen Männchen ist hier wiederum ein Unterschied von den jungen Männchen und den Weibchen, als bei ersteren meist 3, bei letzteren nur 2 solcher Büschel sich finden. Der Übergang in der Beborstung vom jungen zum erwachsenen Männchen in Bezug auf dieses Merkmal ist ebenfalls aus Fig. 6 zu ersehen. Die erwähnten Borsten sind bei beiden Geschlechtern verschieden. Beim Weibchen sind dieselben an der Spitze gesägt (Fig. 3), beim Männchen dagegen tragen die stärkeren Borsten, zum wenigsten die der drei hinteren Bündel, je ein feines Haar neben der eigentlichen gekrümmten Spitze (Fig. 5). Solche Borsten mit Tasthaar (?) erwähnt z. B. Bovallius von den Uropoden von *Pterygocera arenaria (= Haustorius arenarius)*[1]). (Abbildung auf Taf. III Fig. 19.) Beim Männchen von *Menigrates*

[1]) Notes on *Pterygocera arenaria*. Bihang till Kongl. Svenska Vetensk.-Akademiens Handlingar. Vol. IV. 1878.

*obtusifrons* sind sie ebenfalls, wie oben erwähnt, am letzten Uropodenpaar nachzuweisen, kommen aber auch bei vielen anderen Amphipoden an den verschiedensten Körperstellen vor.

Auf weitere systematische Merkmale braucht hier nicht eingegangen zu werden, da dieselben bei Sars ausführlich behandelt sind. Nur sei noch erwähnt, daß die 2 Dornen und die 2 nach vorn gebogenen Borsten des ersten Urosom-Segmentes kräftiger entwickelt sind als bei *B. pelagica,* und daß diese Organe ihre höchste Entwickelung beim erwachsenen Männchen erreichen.

Die Stationen, an denen *B. norvegica* in der Nordsee erbeutet wurde, liegen der Mehrzahl nach (11 von 14) in Küstennähe, von 14 bis 34 m Tiefe in feinem, seltener in grobem Sand. Außerdem hat sich unsere Art noch an zwei einander ganz nahe benachbarten Stellen auf der Doggerbank gefunden, und zwar in Tiefen von 19 und 39 m. Auf der kleinen Fischerbank ist sie schließlich noch aus 52 m Tiefe heraufgeholt.

Die früher bekannt gewordenen Fundorte der erst im Jahre 1891 durch Sars von den anderen *Bathyporeia*-Arten unterschiedenen Form verteilen sich auf die Südküste Norwegens, die Shetland-Inseln, die Ost- und Westküste Großbritanniens, die Kanal-Inseln Guernesey und Jersey und auf die Küste der Bretagne. Sars gibt als Tiefe für den einen Fundort, an dem er unsere Art häufig fand, 4 bis 11 m an.

## 10. Bathyporeia pelagica Sp. Bate. (Taf. IV Fig. 7, 8.)

Nach der Sars'schen Beschreibung ist *B. pelagica* leicht von den übrigen Arten des Genus zu unterscheiden. Mit *B. norvegica* sind ihr die hinter den beiden nach vorn gerichteten Borsten stehenden 2 Dornen auf dem ersten Urosom-Segment gemeinsam, in ganz seltenen Ausnahmefällen finden sich aber auch 3 oder 4 Dornen vor. Solche Exemplare war ich zunächst geneigt zu *B. gracilis* Sars zu stellen, doch bei der Übereinstimmung aller übrigen, wichtigen Merkmale muß diesem Charakter eine gewisse Variabilität und somit geringerer systematischer Wert beigemessen werden. Als augenfälligster Unterschied von *B. norvegica* können die Epimerialplatten des dritten Metasom-Segments angesehen werden, die keine hinteren Ecken besitzen, sondern glatt abgerundet sind. Die Beborstung dieser Platten ist ähnlich wie bei *B. norvegica,* nur meistens etwas schwächer, wenn sich hier auch im hintersten Borstenbüschel gelegentlich bis 6 übereinanderstehende Borsten finden. (Fig. 8.)

*B. pelagica* hat in dem durchforschten Gebiete eine allgemeinere Verbreitung als die vorige Art; dabei ist sie auch meistens häufiger. Sie ist auf fast allen Stationen neben *B. norvegica* nachgewiesen, außerdem aber noch an einer Anzahl meist tieferer Stellen, und zwar bis zu 69 m. Im ganzen wurde sie bisher an 25 Stationen erbeutet, fast überall da, wo sich Sandgrund findet. An 2 Stationen war der Inhalt der Dredge, der zumeist aus feinem Sand bestand, von einzelnen Lagen Schlick durchsetzt, doch haben auch hier die Bathyporeien jedenfalls nur im Sande gelebt.

Eine Zusammenstellung der Fundorte von *B. pelagica* kann nur mit einer gewissen Beschränkung in Bezug auf ihre Genauigkeit gegeben werden, denn man kann bei den älteren Angaben meist nicht wissen, ob tatsächlich diese Art oder vielleicht *B. norvegica* vorgelegen hat. Aber auch als *B. pilosa* ist die Form angeführt, so von Stebbing, der, wie Norman hervorhebt, ein Männchen von *B. pelagica* und ein Weibchen von *B. norvegica* unter diesem Namen abbildet. An der skandinavischen Küste werden vereinzelte Fundorte von Vardö, Ost-Finmarken, bis nach Bohuslän angeführt, im Kattegat erwähnt sie Meinert (als *B. tenuipes*) von der Insel Anholt. Die von Norman kritisch zusammengestellten Fundstellen an den britischen Küsten sind fast die gleichen wie bei der vorigen Art, nur kommt die Station 18 der „Porcupine" westlich von Irland mit einer Tiefe von 335 m hinzu. Auch für die Kanal-Inseln (Guernesey und Jersey) und die Westküste Frankreichs gelten dieselben Angaben.

## 11. Bathyporeia gracilis G. O. Sars. (Taf. IV Fig. 9—12.)

Als wichtigste Merkmale für diese Art hebt Sars neben der schlanken Gestalt die Form der unteren Antennen und der drei hinteren Pereiopodenpaare sowie die unvollkommene Entwickelung der Sehorgane hervor. Von 10 Stationen unserer Nordseefahrten liegt nun ebenfalls eine *Bathyporeia* vor, welche ich, trotz einiger Abweichungen von der Sars'schen Diagnose, doch mit dieser Art vereinigen muß. Am auffälligsten

tritt hier ebenfalls die schwache Entwickelung der Sehorgane hervor. Bemerkenswert ist ferner, was auch Sars erwähnt, das Vorhandensein von 4 Dornen (neben den 2 gekrümmten Borsten) auf der Rückenfläche des vordersten Urosom-Segmentes. Wie oben erwähnt, kommt dies als seltene Ausnahme auch bei *B. pelagica* vor, aber bei der hier als *B. gracilis* gedeuteten Form tritt dieses Merkmal stets noch in Verbindung mit zwei anderen auf, von welchen ich bisher keine Abweichung habe wahrnehmen können. Die Form der Epimerialplatte des dritten Metasom-Segmentes ist ähnlich der bei *B. pelagica*, die Beborstung unterscheidet sich bei unserer Art aber insofern, als hier eine größere Anzahl Borsten hintereinander liegen. Bei Weibchen und jungen Männchen stehen dabei kaum mehr als je zwei Borsten übereinander, beim erwachsenen Männchen können die beiden hinteren Büschel aus je 3 Borsten bestehen. Eine Vergleichung der Figuren 11 und 12 mit Figur 8 wird den Unterschied deutlich machen. Ein weiteres sehr zuverlässiges Kennzeichen für unsere Art zeigt sich am 5. Beinpaar, und zwar am 4. Glied desselben. Dieses Glied trägt an seinem Hinterrande, kurz vor der Einlenkungsstelle des 5. Gliedes, eine kräftige, gekrümmte Borste, deren Länge ungefähr der halben Länge des 5. Gliedes gleichkommt (Fig. 9). Bei allen anderen Arten von *Bathyporeia* ist diese Borste annähernd gerade gestreckt und eben so lang oder länger als das 5. Glied. So unbedeutend dieses Kennzeichen auf den ersten Blick erscheint, so sehr gewinnt es an Wert sowohl durch sein konstantes Vorkommen bei den Erwachsenen beiderlei Geschlechts wie bei den Jugendformen, als auch durch den Umstand, daß es fast immer ohne besondere Präparierung, höchstens durch ein geringes Verschieben der Beine mit Hilfe einer feinen Nadel, erkennbar wird. Die Schlankheit der 3 hinteren Pereiopoden-Paare, vor allem des letzten derselben, kann in zweifelhaften Fällen noch zur Unterscheidung von *B. pelagica*, der diese Art auf alle Fälle sehr nahe verwandt ist, herangezogen werden. Die Figuren 7 und 10 stellen das 7. Bein dieser beiden Arten dar, doch muß erwähnt werden, daß der Unterschied nicht immer so scharf ist und daß, wenn auch in seltenen Fällen, in diesem Organe kaum eine Abweichung zu erkennen ist.

Besonderen Wert legt Sars auf die Entwickelung der unteren Antenne beim Männchen. In diesem Merkmal weichen meine Exemplare beträchtlich von dem einen Stück ab, das Sars vorgelegen hat. Die Antennen sind bei diesem ganz kurz, die Geißel besteht nur aus 13 Gliedern, von denen die vordersten 5 je einen Calceolus tragen. Daß es sich wirklich um ein erwachsenes Männchen gehandelt hat, erscheint wegen des Vorhandenseins der Calceoli kaum zweifehaft, denn bei allen übrigen Arten von *Bathyporeia* treten diese Organe erst mit der völligen geschlechtlichen Ausbildung auf und bilden das bequemste Kennzeichen derselben. Bei den mir vorliegenden 6 erwachsenen Männchen hat die Geißel der unteren Antennen ungefähr 40 Glieder, und es sind nur die ganz schmalen letzten 3 oder 4 Glieder frei von Calceolis. Die untere Antenne des Sars'schen Männchens könnte hiernach ja als zufällig verstümmelt angesehen werden; sollte sich die Kürze der männlichen unteren Antenne allerdings als konstantes Merkmal herausstellen, so müßte die in unserem Gebiete vorkommende Form bei aller Ähnlichkeit mit *B. gracilis* Sars doch wohl als besondere Art angesehen werden, deren Unterscheidung im weiblichen Geschlecht und bei jungen Männchen von der Sars'schen Art freilich die größten Schwierigkeiten bieten würde.

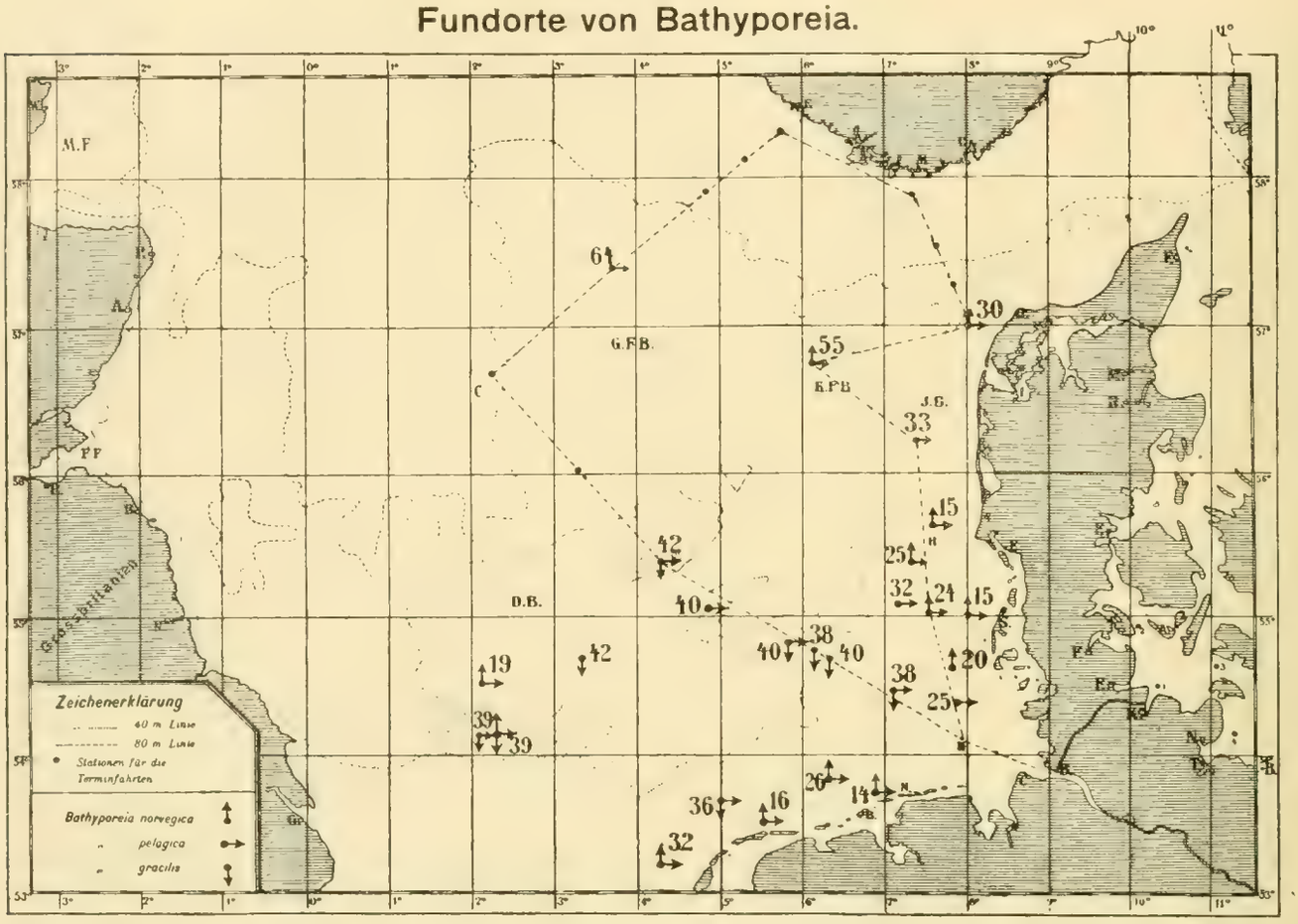
Die Verbreitung von *B. gracilis* im Gebiet ist eine sehr charakteristische. Sie ist 11 mal an 10 Stationen erbeutet worden, und diese Stationen variieren in der Tiefe nur zwischen 36 und 42 m. Die Fundorte liegen daher auch fast alle in größerem Abstand von der Küste, im Gegensatz zu denen von *B. norvegica*. Der einzige Ort, an dem diese beiden Arten nebeneinander gefunden wurden, liegt bei 39 m auf der Doggerbank.

Außerhalb der Nordsee sind bisher nur 3 Fundorte für *B. gracilis* bekannt geworden. Sars gibt die Westküste von Norwegen (ohne nähere Bezeichnung) an. Westlich von Irland (St 6 der „Porcupine") ist die Art durch Norman aus einer Tiefe von 165 m nachgewiesen und Chevreux hat sie an der Küste der Bretagne gefunden. Für den Fall, daß die besprochene Art mit der Sars'schen nicht identisch sein sollte, würden diese Angaben natürlich nicht mehr auf die Nordseeform bezogen werden können.

In der Textkarte Fig. 1 ist die Verteilung der für die mittlere Nordsee nachgewiesenen *Bathyporeia*-Arten eingetragen. Hiernach zeigt *B. pelagica* die größte Anpassungsfähigkeit an verschiedene Tiefen, denn sie ist fast überall neben den beiden anderen Arten gefunden worden. *B. norvegica* zieht flaches, *B. gracilis* tieferes Wasser vor.

Figur 1.

**Fundorte von Bathyporeia.**




Die Zahlen bezeichnen die Tiefen in Metern.

Zwei Arten von *Bathyporeia,* die auf unseren Fahrten in der Nordsee nicht gefangen wurden, aber doch im Gebiet aus Küstennähe angeführt werden, seien hier erwähnt. Es sind das *B. Robertsoni* Sp. Bate und *B. pilosa* Lindström. Dieselben zeigen in vielen wesentlichen Merkmalen die größte Übereinstimmung, und es ist mir nicht möglich gewesen, nach den Abbildungen und Beschreibungen, welche Lindström und Sars von den beiden Arten geben, einen durchgreifenden Unterschied zu erkennen. Als charakteristisch für die beiden Formen in der Sars'schen Auffassung ist vor allem die Bewaffnung des ersten Urosom-Segmentes zu erwähnen, das auf dem Rücken nur die 2 nach vorn gerichteten Borsten trägt, während die bei allen übrigen Arten vorkommenden Dornen gänzlich fehlen. Auch die Augen, in der Größe bei beiden Geschlechtern verschieden, zeichnen sich übereinstimmend durch ihr dunkles Pigment aus. Nur in der Länge der hinteren Antenne beim Männchen weichen die zwei Arten von einander ab. Bei *B. Robertsoni* soll dieselbe kaum die halbe Länge des Körpers übertreffen, während sie bei *B. pilosa* die Länge des Körpers fast erreicht. Ob dieser Unterschied zu einer spezifischen Trennung ausreicht, erscheint wohl fraglich; man könnte ja an lokale Varitäten denken, deren Abweichungen durch den Unterschied im Salzgehalt bedingt wären. Allerdings hat Sars *B. pilosa* westlich von der Mündung des Christianiafjord gefunden und gleichzeitig *B. Robertsoni* innerhalb desselben.

In einzelnen Punkten ist die Variabilität von *B. pilosa* jedenfalls ziemlich groß. Ein Merkmal, das nach den Abbildungen von Sars einen wesentlichen Unterschied zwischen *B. pilosa* und *B. Robertsoni* zu enthalten schien, glaubte ich anfangs in der Beborstung des 2. Gliedes des 5. Beinpaares gefunden zu

haben. An der Außenfläche desselben zeichnet Sars bei ersterer Art am vorderen Rande dieses Gliedes 4 hintereinander liegende Reihen von Borsten, bei letzterer dagegen 5. Zahlreiche mir vorliegende Exemplare aus der Ostsee trugen nur 4 Borstenreihen, während eine Anzahl der von Dahl bei Cuxhaven gefangenen und als *B. pilosa* bestimmten Tiere 5 Borstenreihen (Fig. 13) aufwiesen.[1]) Bei weiterer Durchsicht von Exemplaren aus beiden Gebieten habe ich mich aber überzeugt, daß dieser Unterschied kein durchgehender ist und daß in beiden Gebieten Tiere mit 4 und mit 5 Borstenreihen nebeneinander vorkommen, wenn auch die Form aus der Elbmündung vorwiegend 5, die aus der Ostsee meist 4 Borstenreihen besitzt. Die dorsale Einbuchtung am ersten Urosom-Segment, die Sars bei *B. Robertsoni* als Artcharakter besonders hervorhebt, ist bei den übrigen Arten der Gattung im männlichen Geschlecht in gleicher Weise vorhanden. Für *B. pilosa* betont Sars die nur geringe Einbuchtung an dieser Stelle, bei den erwachsenen Männchen ist dieselbe aber ebenso tief als sie Sars für das Männchen von *B. Robertsoni* abbildet; als Unterscheidungszeichen für die beiden Arten könnte dieses Merkmal daher höchstens beim Weibchen gelten.

Nach alledem erscheint mir die Artverschiedenheit von *B. pilosa* und *B. Robertsoni* noch nicht genügend festzustehen, ich kann dieselbe aber auch nicht durchaus in Abrede stellen, da mir noch kein erwachsenes Männchen vorgelegen hat, das mit der für *B. Robertsoni* gegebenen Diagnose völlig übereinstimmte. Das von Sokolowsky in den „Amphipoden Helgolands" als Männchen von *B. Robertsoni* bestimmte Exemplar ist, wie ich nach Einsicht desselben feststellen kann, ein junges Männchen von *B. pelagica,* das allerdings eine außergewöhnliche Länge (6 mm) aufweist; das Vorhandensein der 2 Dornen am ersten Urosomsegment und die Form der 3. Epimerialplatte setzen dies außer Zweifel. Die unteren Antennen besitzen erst eine ganz geringe Anzahl von Geißelgliedern (neben dem langen ersten als Sprossungszone anzusehenden Glied finden sich 11 bereits gesonderte Glieder), die aber wie auch diejenigen der oberen Antennen noch keine Calceoli tragen, sodaß die Ähnlichkeit mit der weiblichen Antenne auffällig ist.

## **Urothoe** Dana.

Die Arten des Genus *Urothoe* stehen einander der Mehrzahl nach sehr nahe und bieten daher einer genauen Bestimmung meist große Schwierigkeiten. Die eingehendsten Untersuchungen rühren von Stebbing[2]) her, welcher 8 Arten unterscheidet. Della Valle identifiziert dagegen sämtliche bisher beschriebene Arten mit der von Dana aus der Sulu-See bekannt gewordenen *U. irrostrata*[3]), deren Diagnose schon an und für sich so allgemein gehalten ist, daß eine Identifizierung höchstens mit Exemplaren aus derselben Gegend eine gewisse Berechtigung für sich hätte. In dem durchforschten Gebiet der Nordsee sind 3 wohl unterscheidbare Arten erbeutet worden, eine davon auf einer größeren Anzahl von Stationen. Zwei Arten lassen sich zwanglos als früher beschriebene erkennen, eine Art ist neu.

## 12. **Urothoe elegans** Sp. Bate.

Einzelne der von Stebbing angegebenen Charaktere scheinen von der Größe der Tiere abhängig zu sein, wie dies mit der Zahl der Dornen an den unteren Antennen der Fall ist. So finde ich bei kleinen Weibchen, auch bei solchen mit Eiern, häufiger in den 2 Reihen des vierten Gliedes 13 und 2 Dornen, bei größeren dagegen 14 und 2. Am fünften Glied sind in der Regel bei den kleineren Formen 7, bei den größeren 8 Dornen nachzuweisen, während das erste Geißelglied 1 bezw. 2 dieser Organe trägt. Bei Stebbing sind hier die Zahlen 14, 2, 6 und 1 angegeben. Ein auffälligerer Unterschied zwischen den mir vorliegenden Exemplaren und den von Stebbing untersuchten liegt in der Zahl der Calceoli am 5. Antennalglied des erwachsenen

[1]) Ich hatte früher (Die Ostsee-Expedition 1901. Abhandlungen des deutschen Seefischerei-Vereins. Bd. VII. p. 156) die Identität dieser Form mit *B. pelagica* angenommen, dies war jedoch ein Irrtum. Es handelt sich tatsächlich um *B. pilosa* Lindström, die sich in den Exemplaren von Cuxhaven durch eine besonders kräftige Beborstung des 5. Beinpaares auszeichnet und von *B. Robertsoni* nur in der Länge der hinteren männlichen Antenne abweicht.

[2]) On the genus Urothoe and a new genus Urothoides, Trans. Zool. Soc., vol. 13. p. I. London 1891.

[3]) Da Urothoe als Tochter des Nereus zweifellos weiblichen Geschlechts ist, so müssen die Speciesnamen diesem Umstande wohl angepaßt werden, wenn auch Dana die ersten beiden Arten als *U. rostratus* und *U. irrostratus* bezeichnet hat. Wenn sich Stebbing (l. c. p. 27) mit der Tatsache, daß die Speciesnamen von *Urothoe* bald männlich bald weiblich angewendet werden, sehr launig damit abfindet, daß von den untersuchten Exemplaren einzelne weiblichen, andere männlichen Geschlechts waren, so wird dieser Standpunkt doch kaum allgemeine Billigung finden.

Männchens. Stebbing gibt 9 Calceoli an, während die Exemplare aus der mittleren Nordsee meist nur 7 besitzen, mit einer einzigen Ausnahme, bei der 8 vorhanden sind. Nun gibt Sars für *U. norvegica* ebenfalls 7 Calceoli an, und da die übrigen drei Arten, von denen erwachsene Männchen überhaupt beschrieben sind, stets 8 oder 9 Calceoli besitzen, so war an eine Zusammengehörigkeit mit *U. norvegica* zu denken. Nach der genauen Beschreibung von Sars ist eine solche aber aus verschiedenen anderen Gründen nicht anzunehmen. Wahrscheinlich ist die Zahl der Calceoli überhaupt keine so konstante, daß sie als Artmerkmal herangezogen werden kann, wie dies ja auch von der Zahl der Geißelglieder der unteren Antennen beim Männchen angenommen werden muß. Die Größe der vorliegenden Exemplare von *U. elegans* ist geringer als die für die verschiedenen aus Küstennähe stammenden Stücke angegebene.

Das Vorhandensein der Calceoli am fünften Glied der unteren Antenne ist als ein sekundärer Geschlechtscharakter zu betrachen, der bei derselben Häutung auftritt, bei der auch eine beträchtliche Größenzunahme der Augen, die Verlängerung der Geißel der unteren Antenne und die Zunahme in der Zahl der Fiederborsten an dem hintersten Uropodenpaar zu beobachten sind. Erst durch diese Häutung erlangt das Männchen die Fähigkeit zur Ausübung der geschlechtlichen Funktionen. Ob nun bei diesen kleineren und damit wohl auch kurzlebigeren Formen der Amphipoden nach dieser Häutung noch eine oder mehrere folgen können, ist nicht bekannt. Findet eine solche statt, so ist es weiterhin fraglich, ob dann noch eine Vermehrung der Calceoli oder der Antennenglieder stattfindet, oder ob die bei der zur Geschlechtsreife führenden Häutung erreichte Anzahl konstant bleibt. Das letztere hat wohl den höheren Grad von Wahrscheinlichkeit für sich, da nach Erlangung der vollständigen Geschlechtsreife eine weitere Neubildung von Organen, wie sie die Calceoli darstellen, nicht eine einfache Häutung voraussetzen würde, bei der die über den einzelnen Organen neu entstandene weiche Cuticula nur eine Größenzunahme ermöglichte, sondern es müßte wie bei den während der Entwickelung sich vollziehenden Häutungen der Gesamtorganismus einzelner Glieder, hier der des 5. Antennengliedes, abermals einer eingreifenden Änderung unterworfen sein. Daß in der mittleren Nordsee in den verschiedenen Jahreszeiten nur verhältnismäßig kleine erwachsene Männchen von *U. elegans* gefunden sind, findet jedenfalls eine ungezwungene Erklärung darin, daß die Bedingungen für das Wachstum der Art hier nicht so günstige sind, wie in Küstennähe. Tatsächlich übertreffen auch die Angaben über die Größe der erwachsenen Amphipoden aus Küstengegenden besonders bei Sandformen meist die von völlig ausgebildeten Tieren derselben Art, welche in großer Entfernung vom Lande gefunden werden.

Ein Charakter, der unter allen von Stebbing unterschiedenen Arten von *Urothoe* neben *U. elegans* nur noch *U. marina* zukommt, ist der Mangel von Borsten oder Stacheln an beiden Ästen der vorderen 2 Uropodenpaare. Ich habe dieses Kennzeichen an über 60 Exemplaren, die der Mehrzahl nach vollständig entwickelt waren, beobachten können, ohne auf eine einzige Ausnahme zu stoßen. Es muß daher dieses oft unbeachtet gebliebene und dabei doch meist ohne besondere Präparierung leicht erkennbare Merkmal als systematisch wichtig bezeichnet werden. Die Kürze des zweiten Uropodenpaares im Vergleich zum ersten kommt den meisten Arten des Genus zu, tritt aber hier besonders hervor und gibt ein bequemes Mittel zur sofortigen Unterscheidung von *U. marina,* die sonst eine große Ähnlichkeit mit vorliegender Art besitzt.

Auf unseren Fahrten ist *U. elegans* an 8 Stationen gefunden, und zwar in Sand- sowie Schlickgrund von 32 bis 102 m Tiefe. An einzelnen Stellen war die Art sehr häufig (bis 45 Stück in der Dredge). An den die Nordsee einschließenden Küsten ist sie bisher nicht gefunden.

Von der Westküste Großbritanniens liegen vereinzelte Funde vor, das nördlichste Vorkommen ist bei den Shetland-Inseln. Westlich von Irland ist sie bis zu einer Tiefe von annähernd 3000 m (1630 Faden) nachgewiesen. Außer einem südenglischen Fundort ist die Art im Kanal bei Jersey und St-Vaast la Hogue gefunden. Hierzu kommen noch einige von den englischen Beobachtungsstationen und zwar E 2, 3, 4, 7 und 22. Mit Ausnahme der letzteren, die ungefähr südlich von Hastings sich findet, liegen diese Stationen vor dem westlichen Eingang zum Kanal. Westlich von Frankreich (Hirondelle St 85) und vom Cap Finisterre (Hir. St 66) ist sie ebenfalls erbeutet, und im Mittelmeer ist sie für die corsische Küste und Neapel (nach Chevreux das Männchen von Della Valle's *U. irrostrata*) festgestellt; endlich kommt sie auch an der westafrikanischen Küste vor, wo sie in Senegambien zwischen 14 und 15° n. Br. gefangen wurde.

Ganz flaches Wasser scheint *U. elegans* zu meiden, dagegen findet sich eine größere Anzahl Angaben von zum Teil recht beträchtlichem Tiefenvorkommen von 180 bis 2983 m. An 4 von den 5 englischen Kanalstationen ist die Art nun über Tiefen von 39 bis 124 m mit dem Oberflächennetz gefangen worden, und zwar im Mai und November. Es liegt deshalb die Möglichkeit vor, daß beim Aufholen von Grundnetzen gelegentlich oberflächlich schwimmende Exemplare in dieselben gelangen, sodaß ein Vorkommen im Dredge-Material keine unbedingte Gewähr dafür gibt, daß die Art auch wirklich in der betreffenden Tiefe auf dem Boden gelebt hat.

### 13. Urothoe marina Sp. Bate. (Taf. IV, Fig. 14—16.)

Das wichtigste Merkmal dieser Art, welches dieselbe von allen anderen genauer beschriebenen Arten des Genus unterscheidet, ist die relative Länge der Uropoden am ersten und zweiten Urosom-Segment. Während sonst die Uropoden des ersten Segmentes diejenigen des zweiten so bedeutend an Länge übertreffen, daß sie trotz ihrer weiter nach vorn gelegenen Insertion rückwärts ein ganzes Stück über letztere hervorragen, sind sie bei der vorliegenden Art von gleicher Länge, sodaß in der normalen Lage am Körper das zweite Uropodenpaar nach rückwärts über das erste hinaussteht.

*U. marina* ist nur an einer Stelle (St 70) auf der Doggerbank aus 39 m gefangen worden, und zwar liegen 2 Weibchen von reichlich 4 mm Länge und ein junges Männchen von 3 mm vor.

Die Form ist im Kattegat bis Anholt, an der Ostküste Großbritanniens im Firth of Forth und bei Holy Island, außerdem von den Shetland-Inseln nachgewiesen. An der Westküste Schottlands ist sie ziemlich verbreitet. Für den Kanal werden Guernesey und mehrere Punkte an der französischen Nordküste angeführt. An der Westküste Frankreichs kommt noch Le Croisic hinzu, während der südlichste Fundort die Station 85 der „Hirondelle“ unter 46° 31′ N und 6° 52′ W (nach Pariser Meridian) ist. Das größte Tiefenvorkommen ist an dieser Stelle mit 180 m angegeben, sie kommt aber auch schon bei 0 m vor. Für das Kattegat führt Meinert 10—28 m an.

### 14. Urothoe poseidonis n. sp. (Taf. IV, Fig. 17—21.)

Körper gedrungen. Augen klein (erwachsene Männchen haben noch nicht vorgelegen). Die beiden Antennen sind mit einer großen Anzahl sehr langer feiner Borsten versehen. Am ersten Glied der oberen Antenne inserieren diese Borsten nahezu auf einer ovalen Linie (mehr wie 30 Borsten), am zweiten sitzen sie in 2 Reihen. Das erste Glied ist etwa doppelt so lang als breit, das zweite wenig mehr als halb so breit als das erste und um ein geringes länger. Das dritte Glied ist kürzer und schmäler als das zweite. Die Hauptgeißel besteht aus 5—6 Gliedern, die zusammen die Länge des dritten Gliedes des Stammes erreichen können, während die Nebengeißel aus 3 Gliedern von derselben Länge aber etwas geringerer Breite wie die ersten 3 Glieder der Hauptgeißel besteht (Fig. 17). Die ersten 3 Glieder der unteren Antenne sind kurz, zusammen kaum so lang als das vierte, welches dieselbe Breite wie das dritte Glied besitzt. An der äußeren Kante des vierten Gliedes stehen 16—17 Dornen, nach innen noch 2. Von den Borsten findet sich eine Anhäufung am proximalen Ende. Nach dem Innenrande zu sind dieselben in einer Geraden angeordnet, am unteren Außenrande folgen die Insertionspunkte ungefähr der Krümmung des Konturs (von oben gesehen wie in Fig. 18). Am Innenrande finden sich noch einige (5?) Fiederborsten. Das fünfte Glied ist $^2/_3$ so lang und halb so breit als das vierte und trägt an seinem Außenrande etwa 8 Dornen. Von Borsten findet sich am Innenrande eine Reihe von ungefähr 8 Stück, am unteren Außenrande inserieren nach dem distalen Ende zu noch etwa 5 Stück. Fiederborsten sitzen 3 am Innenrande. Das Flagellum besteht aus 2 Gliedern, deren Gesamtlänge hinter der des fünften Stammgliedes zurückbleibt. Das zweite Glied ist reichlich halb so lang als das erste, welches noch mit 6 Borsten versehen, aber frei von Dornen ist. Das letzte Glied trägt noch 2 Apikal-Borsten. Die Borsten der unteren Antenne sind alle sehr lang und übertreffen hierin auch meist diejenigen des ersten Gliedes der oberen Antenne; die Dornen tragen sämtlich ein seitliches Haar.

Während die Gnathopoden und die ersten beiden Pereiopoden keine hervorragenden Merkmale von systematischem Wert zu besitzen scheinen, ist dies bei den letzten 3 Pereiopoden, besonders bei dem

fünften Beinpaare der Fall. Zunächst sind die Coxal-Platten aller dieser 3 Beinpaare an ihrer hinteren unteren Ecke mit Fiederborsten versehen, was von keiner anderen *Urothoe* erwähnt wird. An der Coxa des fünften Beines finden sich nur 2 bis 3 solcher Borsten, an denen des sechsten und siebenten wenigstens 5 bis 6. Die Flächenentwickelung des fünften Beinpaares (Fig. 19) ist eine sehr starke und erinnert an diejenige desselben Organes bei *Haustorius*. Vor allem ist dies am fünften Gliede ausgesprochen, das sehr stark nach der Breite zu ausgebildet ist, sodaß seine Länge nicht viel mehr als $^1/_3$ der Breite beträgt. Die Beborstung des fünften Beines ist ebenfalls eine sehr kräftige. So trägt das vierte Glied an seinem unteren und hinteren Rande eine ununterbrochene Reihe von annähernd 20 Fiederborsten, während sich auf seiner Außenfläche 2 nebeneinander liegende Reihen von Dornen finden. Auf der Außenfläche des fünften Gliedes sind die Dornen in 4 sehr langen Reihen angeordnet, während sich sehr regelmäßig noch 2 einzelne Dornen etwas nach der Mitte zu von der hinteren Ecke finden. Der hintere Kontur zeigt drei deutliche Ecken, von denen die oberen beiden je mit einem mit Tasthaar versehenen Dorn bewaffnet sind, während die untere Ecke frei bleibt. Der Vorderrand ist an zwei Stellen mit längeren Dornen bewaffnet, welche sich den beiden vorderen Dornenreihen der Außenfläche anschließen. Fiederborsten sind am Hinterrande des fünften Gliedes in weiteren Abständen angebracht, während der freie Hinterrand (das heißt der Rand hinter der Einlenkungsstelle des sechsten Gliedes) wiederum mit einer größeren Reihe sehr langer Fiederborsten dicht besetzt ist. Das sechste Glied ist etwas länger als breit, und seine distale Kante ist schräg gestellt und zwar so, daß die hintere Kante verlängert erscheint; hierbei entstehen zwei Ecken welche wie beim fünften Glied mit je einem langen Dorn mit Tasthaar versehen sind. An der freien Außenfläche liegen 3 Dornenreihen, 2 davon ungefähr senkrecht zum Vorderrande, an dem sich 3 Gruppen sehr langer Dornen finden, deren zwei proximale wiederum zu den 2 vorderen Dornenreihen gehören, während die dritte mit ein paar kurzen Dornen zusammen an der Vorderecke des unteren Randes steht. Die Fiederborsten, welche bei den übrigen Arten von *Urothoe* ziemlich in der Mitte der Innenfläche des sechsten Gliedes angebracht sind, sitzen hier, wiederum in größerer Zahl (etwa 8), am Hinterrande. Das siebente Glied (die Endklaue) ist schwach nach hinten gekrümmt, von ungefähr der gleichen Länge wie das sechste Glied und weist am konvexen Rande eine sehr feine von der Spitze bis nahe an die Mitte reichende Zähnelung auf. Die Zähnchen sind an der Spitze der Klaue am größten und schärfsten.

Beim sechsten und siebenten Beinpaare sind die Abweichungen von den übrigen Arten von *Urothoe* nicht sehr bedeutend. Am meisten fällt bei beiden noch die verhältnismäßig starke Breitenentwickelung des fünften und sechsten Gliedes, sowie die kräftige Bedornung vom vierten und fünften Gliede auf, wie aus dem Vergleich der Figuren 15 und 16 *(U. marina)* mit den Figuren 20 und 21 zu ersehen ist.

Das erste Uropodenpaar ist beträchtlich länger als das zweite; das Basalglied trägt an seiner Außenseite zwei oder drei Büschel sehr feiner Borsten, an denen bei sehr starker Vergrößerung auch noch ganz kurze Fiedern zu erkennen sind. Am Ende des Basalgliedes, innen und außen, steht noch je ein kräftiger Dorn mit feinem seitlichen Haar. Außen- und Innenast tragen Borsten von derselben Gestalt und Größe wie das Basalglied. Am ersteren finden sich gewöhnlich zwei, am letzteren ein Büschel solcher Borsten. In seiner Gestalt ähnelt das zweite Uropodenpaar dem ersten; die Beborstung ist aber, entsprechend der geringeren Größe, schwächer. Der Außenast trägt nur ein Büschel Borsten, der Innenast ist vollkommen glatt. Das Basalglied des dritten Uropods ist mit mehreren Dornen mit Nebenhaar bewaffnet, Innen- und Außenast sind mit kräftigen Fiederborsten versehen, von denen an den freien Längsseiten 4 bis 5 stehen. Das Telson gleicht dem der übrigen Arten der Gattung. Am distalen Ende jeder Hälfte findet sich außen ein kurzer Dorn mit feinem Haar, innen eine zarte Borste mit ganz feinen Fiedern.

Offenbar steht *U. poseidonis* der *U. pulchella* (Costa) sehr nahe. Die Abweichungen in der Bedornung der beiden Antennen würden mich auch nicht zur Aufstellung einer neuen Art geführt haben. Aber die Form des fünften Gliedes des fünften Beines und seine Bedornung sind so charakteristisch und scharf bei allen mir vorliegenden Exemplaren ausgesprochen und weichen von den Abbildungen bei Stebbing und Della Valle so stark ab, daß eine Identität beider Formen ausgeschlossen erscheint.

*Urothoe poseidonis* ist an 2 flachen Stationen in Küstennähe und zwar vor Terschelling (St 75) und in etwas größerem Abstande vor Sylt (St 55) gefangen worden. Es liegen 6 Weibchen bis zu einer Länge von etwa 5 mm sowie 3 junge Männchen vor.

Tabelle 3.

**Die Fundorte der Pontoporeiidae.**

| | *Bathyporeia norvegica* | *Bathyporeia pelagica* | *Bathyporeia gracilis* | *Urothoe elegans* | *Urothoe marina* | *Urothoe poseidonis* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N 1 | — | — | 02 XI., 03 V. | — | — | — |
| N 2 | — | 02 XI. | 02 XI. | | | |
| N 5 | — | 02 XI., 03 V. | — | — | — | |
| N 6 | — | — | — | 02 VIII. | | |
| N 11 | — | — | — | 02 VIII. | — | — |
| N 12 | 02 VIII. | 02 VIII. | — | — | — | — |
| N 13 | 03 V. | 03 V. | | | | |
| N 14 | — | 02 XI. | — | — | — | |
| N 15 | 02 VIII. | 02 VIII., 03 V. | – | | | |
| St 3 | — | 03 III. | 03 III. | | | |
| St 7 | — | — | 03 III. | — | | |
| St 9 | — | 03 III. | — | | | |
| St 19 | — | — | 03 III. | | | |
| St 43 | 03 III. | 03 III. | — | — | — | — |
| St 54 | — | 03 VII. | – | – | – | — |
| St 55 | 03 VII. | — | — | — | — | 03 VII. |
| St 57 | 03 VII. | 03 VII. | — | — | — | — |
| St 58 | 03 VII. | 03 VII. | — | — | — | — |
| St 59 | 03 VII. | 03 VII. | — | — | — | |
| St 62 | — | 03 VII. | — | — | — | |
| St 67 | 03 VII. | 03 VII. | — | — | — | — |
| St 70 | — | 03 VII. | 03 VII. | 03 VII. | 03 VII. | — |
| St 71 | 03 VII. | 03 VII. | 03 VII. | 03 VII. | — | — |
| St 72 | — | — | 03 VII. | 03 VII. | — | — |
| St 73 | 03 VII. | 03 VII. | — | 03 VII. | — | — |
| St 74 | — | 03 VII. | 03 VII. | 03 VII. | — | — |
| St 75 | 03 VII. | 03 VII. | — | — | — | 03 VII. |
| St 76 | 03 VII. | 03 VII. | — | — | — | — |
| St 77 | 03 VII. | 03 VII. | — | — | | |
| St 78 | — | 03 VII. | 03 VII. | 03 VII. | — | — |

## Phoxocephalidae.

Die Arten dieser Familie schließen sich in ihrer Lebensweise eng an die der Pontoporeiidae an, mit denen sie G. O. Sars früher auch vereinigt hatte. Die Gruppe ist eine sehr einheitliche, deren einzelne Vertreter sofort an der zugespitzten Form des medianen Kopffortsatzes zu erkennen sind. Biologisch besitzen sie in der Nordsee bei weitem nicht die gleiche Bedeutung wie die Pontoporeiidae, weiter nördlich werden aber einzelne Arten in großen Mengen angetroffen.

### 15. Phoxocephalus Holbölli (Kröyer).

Es liegen nur 2 Exemplare von N 11 und N 14 vor, welche gut mit Beschreibung und Abbildung von G. O. Sars übereinstimmen. Nach Norman sind die besten Unterscheidungsmerkmale von den nächststehenden Arten die Form des Mandibulartasters und die Kürze der Klauen am dritten und vierten Beinpaar.

Die Art ist im Norden verbreitet und für Spitzbergen, Jan Mayen, Island und Grönland nachgewiesen. An der skandinavischen Küste kommt sie von Ost-Finmarken bis nach Bohuslän vor. Vom Kattegat, dem Öresund, dem kleinen und großen Belt bis zur Mitte des Langelands-Belt wird sie aufgeführt, ebenso von der jütischen Küste bei Ribe. Von der schottischen Ostküste liegen nur 2 Fundangaben vor, Firth of Forth und Banff (östlich vom Moray-Firth); von der Westküste Schottlands ist die Form nur aus dem Firth of Clyde bekannt. Von der nordamerikanischen Ostküste sind Labrador und die Casco-Bay (zwischen 43 und 44° N. B.) als Fundorte zu erwähnen. Sars gibt als häufigste Tiefen 37 bis 92 m an, in den dänischen Gewässern kommt die Art nach Meinert schon bei 3 bis 10 m Tiefe vor.

### 16. Harpinia antennaria Meinert.

Nach den internationalen Nomenklatur-Regeln muß der ältere Meinert'sche Name an Stelle von *H. neglecta* G. O. Sars gebraucht werden, wenn sich auch die Meinert'sche Beschreibung nur auf das Männchen bezieht. Die Art steht jedenfalls *H. pectinata* G. O. Sars sehr nahe. Als sicherste Unterscheidungsmerkmale können die folgenden gelten: einmal die in je eine nach vorn gerichtete Spitze auslaufenden seitlichen Kopfecken, und dann vor allem die Form der Coxalplatten der vordersten drei Beinpaare, welche an ihrem Hinterrande abgerundet sind. Die Gestalt des zweiten Gliedes des letzten Pereiopodenpaares gilt noch als besonders charakteristisch, mir liegen aber mehrere Exemplare vor, bei denen eine Unterscheidung der Zähnelung bei diesem Gliede von der von Sars für *H. pectinata* gegebenen Abbildung nicht möglich ist. Jedenfalls ist gerade dieses Merkmal recht variabel. Bei einem Weibchen ist z. B. dieses Glied auf der rechten Seite ganz normal entwickelt, auf der linken Seite ist es aber ungezähnt, nur schwach ausgebuchtet, sodaß es in seiner Gestalt demjenigen des reifen Männchens ähnelt.

Die Art ist im Gebiete der Nordsee recht häufig. Wir haben sie an 14 verschiedenen Stationen gefangen, darunter an zweien (N 2 und N 6) je zweimal, und zwar in Tiefen von 36 bis zu 300 m. Eiertragende Weibchen haben sich im März, Mai und Juli gefunden, die größten davon maßen 6 mm. Ein Weibchen von 7 mm Länge, das im November erbeutet war, hatte keine Eier zwischen den Bruttaschen. Obgleich über 80 Exemplare vorliegen, ist doch kein einziges Männchen darunter.

Für die skandinavische Küste ist *H. antennaria* von Ost-Finmarken bis Bohuslän nachgewiesen und kommt im Kattegat südlich bis in den großen Belt vor. Die Shetland-Inseln, die großbritannische Ost- und Westküste, sowie die Westküste von Irland gehören zum Verbreitungsgebiet der Art. In dem Kanal ist sie bei Guernesey gefunden, ferner an der Westküste Frankreichs, und im Mittelmeer bei Neapel. Das Tiefenvorkommen wird zu 10 bis 275 m angegeben.

### 17. Harpinia pectinata G. O. Sars.

Wie schon bei *H. antennaria* erwähnt, ist die gröbere Zähnelung des zweiten Gliedes des siebenten Beinpaares kein sicheres Kennzeichen für *H. pectinata*, und als ganz zuverlässig erscheint nur die Form der Coxal-Platten der vordersten 3 Beinpaare, die an der Übergangsstelle vom unteren zum hinteren Rande je einen leicht erkennbaren Zahn tragen. Bei einem jungen Weibchen, das dieses Merkmal bereits deutlich zeigt, findet sich auf der linken Kopfseite eine nach vorn gerichtete Spitze wie bei der vorigen Art, während auf der rechten Seite der Kopfvorsprung abgerundet ist. Es mag sich hier ja um eine seltene Mißbildung handeln, eine allzugroße Bedeutung darf aber diesem sonst für *H. antennaria* sehr charakteristischen Merkmale hiernach doch nicht beigemessen werden.

In der Nordsee sind nur 4 Weibchen an 2 Stationen (St 61 und N 8) aus 41 und 300 m erbeutet.

An der skandinavischen Küste kommt *H. pectinata* von Tromsö bis Bohuslän vor, ferner an der Westküste Frankreichs. Außerdem werden von Norman eine Anzahl atlantischer Fundorte der „Porcupine" westlich von Irland angeführt, deren Tiefen zu 355 bis 2490 m angegeben sind.

Tabelle 4.

**Die Fundorte der Phoxocephalidae.**

| | *Phoxocephalus Holbölli* | *Harpinia antennaria* | *Harpinia pectinata* | | *Phoxocephalus Holbölli* | *Harpinia antennaria* | *Harpinia pectinata* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N 1 | — | 03 V. | — | St 19 | — | 03 III. | — |
| N 2 | — | 02 V., 03 XI. | — | St 25 | — | 03 III. | |
| N 4 | — | 02 VIII. | — | St 49 | — | 03 III. | - |
| N 6 | — | 02 XI., 03 V. | — | St 61 | — | — | 03 VII. |
| N 8 | — | 02 VIII. | 02 VIII. | St 64 | — | 03 VII. | — |
| N 11 | 03 V. | — | — | St 65 | — | 03 VII. | |
| N 14 | 02 XI. | — | — | St 74 | — | 03 VII. | |
| St 3 | — | 03 III. | — | St 78 | — | 03 VII. | — |
| St 7 | — | 03 III. | — | | | | |

# Ampeliscidae.

Unter den in lockerem Boden lebenden Amphipoden nimmt die Familie der Ampelisciden im Gebiet eine sehr wichtige Stellung ein. Ihr Vorkommen scheint sich auf ganz feinen Sand und Schlick sowie Ton zu beschränken, und hiermit hängt es zusammen, daß sich Ampelisciden in den ganz flachen Küstengebieten überhaupt nicht finden. Dagegen spielen sie schon in Tiefen von ungefähr 30 m an stellenweise eine große Rolle, und einzelne Arten derselben dringen bis in große ozeanische Tiefen vor. Die Mehrzahl der Arten scheint frei im Boden zu leben, einige bauen jedoch Röhren, deren Wandungen aus einer zähen, schleimigen Masse bestehen; innen sind diese Röhren ganz glatt, meist von bläulich-grauer Farbe, die Außenfläche ist mit den feinen Partikelchen des umgebenden Bodens beklebt. Alle Arten, auch die röhrenbauenden, sind sehr geschickte Schwimmer. Bringt man sie in eine Glasschale, so bewegen sie sich mit großer Geschwindigkeit hin und her, wobei sie sich immer mit einer Körperseite gegen den Boden pressen. Tut man dann etwas feinen Sand hinzu, so graben sie sich mit großer Geschwindigkeit in denselben ein. Sonst verschmähen sie es auch nicht, in leeren Schneckenhäusern oder in Wurmröhren einen Unterschlupf zu suchen.

## 18. **Ampelisca carinata** Bruzelius.

Nach Sars ist die von ihm als *A. typica* beschriebene Art identisch mit der von Bate[1]) zunächst als *Tetromatus typicus* bezeichneten Form. Es muß aber erwähnt werden, daß nach Walker[2]) ein von Bate und Westwood als *A. Gaimardii* (= *Tetromatus typicus* Sp. Bate) bestimmtes Exemplar des British Museum eher mit *A. spinipes* Boeck übereinstimmt. Die Abbildung, die Bate und Westwood (Vol. 1. p. 127) geben, reicht ebenso wie ihre Beschreibung bei der jetzigen großen Artenzahl von *Ampelisca* zu einer sicheren Erkennung nicht aus. Wahrscheinlich haben den genannten Autoren mehrere Arten von *Ampelisca* nebeneinander vorgelegen, sodaß eine genaue Feststellung, auf welche Form sich die Diagnose bezogen hat, nicht mehr möglich ist; es erscheint hiernach nicht zulässig, daß der Name *A. typica* aufrecht erhalten wird. Norman hebt nun hervor, daß *A. Gaimardii* Bate und Westwood, die er 1869 als identisch mit *A. carinata* Bruzelius beschrieb, jedenfalls mit der von Sars als *A. typica* abgebildeten

[1]) A Synopsis of the British Edriophthalmous Crustacea. Ann. and Magazine of Nat. Hist. Ser. II. vol. 19, London 1857.

[2]) The Amphipoda of Bate and Westwood's „British sessile-eyed Crustacea". Ann. and Mag. of Nat. Hist. Ser. VI, vol. 15. London 1895.

Form übereinstimme. Hiernach ist *A. carinata* Bruz. als Name für die von Sars als *A. typica* bezeichnete Form zu wählen. Ob Boeck, wie Sars hervorhebt, unter *A. carinata* die Männchen sowohl dieser Art wie von *A. tenuicornis* zusammengefaßt hat, ist gleichgültig, wenn nur die Norman'sche Annahme der Identität der Bruzelius'schen Art mit *A. typica* Sars richtig ist. Als Synonym für *A. carinata* Bruz. wäre *A. typica* Sars zu nennen, als fragliche Synonyme *Tetromatus typicus* Bate und *A. Gaimardii* Bate und Westwood (nec Kröyer).

Es liegen nur 2 junge Exemplare von N 14 (34 m, feiner Sand) vor. Ihre Unterscheidung von der nahe verwandten *A. tenuicornis* ist hauptsächlich durch die Beborstung der Oberfläche des Telson sowie durch die gleichmäßige Bewaffnung beider Kanten des äußeren Astes vom dritten Uropodenpaar mit kurzen aber kräftigen Borsten möglich. Auch der dorsale Vorsprung des ersten Urosom-Segmentes bildet ein gutes Kennzeichen.

In Skandinavien findet sich unsere Art vom Trondhjemfjord bis nach Bohuslän und kommt ferner vor im Kattegat südlich bis zum großen Belt, an der Ost- und Westküste von Großbritannien, bei der Insel Man sowie im Norden und Südwesten von Irland. Vom Kanal wird Jersey als Fundort erwähnt, an der westfranzösischen Küste reicht sie südlich bis zum Golf von Biscaya und ist schließlich noch von Senegambien nachgewiesen. Die Angaben über das Tiefenvorkommen bewegen sich zwischen 9 und 165 m.

## 19. Ampelisca tenuicornis Lilljeborg.

Von *A. carinata* unterscheidet sich diese Art wesentlich durch die Länge der unteren Antenne, die auch beim Weibchen der des Körpers ungefähr gleich kommt. Für das Weibchen ist ferner noch charakteristisch, daß die beiden Äste des dritten Uropodenpaares am distalen Ende auf den einander zugekehrten Kanten eine Anzahl langer Borsten tragen, während das proximale Ende frei davon bleibt. Es ist bemerkenswert, daß in der Abbildung, die Bate und Westwood von *A. Gaimardii (= Tetromatus typicus)* geben, dieses Kennzeichen sehr deutlich und scharf hervortritt. Bei keinem der bekannten Männchen ist dies der Fall, und es bestärkt mich dies in der Ansicht, daß den englischen Autoren bei der Beschreibung dieser Form verschiedene Arten und Geschlechter vorgelegen haben.

Im Gebiet der Nordsee ist *A. tenuicornis* nicht selten und sie wurde an einzelnen der 12 Fundorte auch in größerer Anzahl gefangen. Am häufigsten war sie auf N 6, wo im Mai 1903 30 Exemplare mit der Dredge erbeutet wurden. Weibchen in der Größe von 8 bis 10 mm mit Eiern fanden sich im Mai, Juli, August und November, im Mai überwogen allerdings die erwachsenen Weibchen ohne Eier ganz beträchtlich. Das Tiefenvorkommen liegt in der Hauptsache zwischen 38 und 104 m, nur eine Station zeigt 28 m bei Riffgrund, während sonst feiner Sand und Schlick zum Aufenthalt dienen.

An der skandinavischen Küste kommt *A. tenuicornis* vom Trondhjemfjord bis nach Bohuslän sehr häufig vor, im Kattegat geht sie südlich bis an den Eingang zum Öresund. Von britischen Fundorten werden erwähnt die Shetland- und Orkney-Inseln, Ost- und Westküste von Schottland, die Insel Man und die Küste von Durham südlich von Newcastle. An der Kanalküste ist noch Salcombe (östlich von Plymouth) verzeichnet. Dazu kommen Jersey und Guernesey und einige Fundorte an der irischen Westküste. An der Westküste Frankreichs ist die Art ebenfalls mehrfach nachgewiesen und der südlichste Fundort ist bei Cap Finisterre, wenn die Annahme von Chevreux richtig ist, daß es sich bei der von Miers als *A. tenuicornis* von Senegambien angeführten Form tatsächlich um *A. typica (A. carinata* Bruz.) handelt. Als häufigste Tiefe giebt Sars 55 bis 183 m an, die größte Tiefe ist St 66 der „Hirondelle" vor Cap Finisterre mit 363 bis 510 m (Chevreux). Die Tiefe 22—48 m, die Meinert in „Kanonbaaden Hauchs Togter" p. 172 anführt, ist auf *A. carinata* und *A. tenuicornis* zusammen zu beziehen, welche Arten in dieser Arbeit als identisch angenommen werden.

## 20. Ampelisca brevicornis (Costa).

Dieser Name *(Araneops brevicornis*, Costa 1853) hat die Priorität vor *Ampelisca laevigata* (Lilljeborg 1855), dessen sich Sars bedient.

*A. brevicornis* ist durch mehrere sehr charakteristische Merkmale ausgezeichnet. Die Linse des unteren Auges ragt über die untere, in einem rechten Winkel vorspringende Kopfecke hervor, was in ähn-

licher Weise nur noch bei *A. macrocephala* der Fall ist. Besondere Beachtung verdient das siebente Beinpaar, dessen viertes Glied an seinem Hinterrande einen lappenförmigen Fortsatz trägt, der bis über die Insertion des sechsten Gliedes hinausragt. Dieser Fortsatz trägt eine größere Anzahl Fiederborsten (etwa 15). Bei jungen Tieren ist aber die Zahl dieser Borsten noch gering; so hat ein Exemplar von 3 mm Länge erst 3, ein solches von 5 mm 4 Borsten. In diesem Stadium gleicht das siebente Beinpaar dann völlig dem von *A. gibba,* und die Unterscheidung würde sehr schwierig sein, wenn nicht die Lage des unteren Auges und die Form des Kopfes überhaupt auch in diesem Stadium schon ganz typisch entwickelt wären. In der Gestalt des hinteren Randes der Epimerialplatte des dritten Metasom-Segmentes stimmt *A. brevicornis* mit *A. gibba* und *A. macrocephala* überein, indem bei allen drei Arten der Unterrand in einen scharfen Zahn ausläuft, über dem noch eine abgerundete Vorwölbung steht.

*A. brevicornis* ist an 10 Stationen von 19 bis 69 m Tiefe in feinem Sand und Schlick gefangen. Weibchen mit Eiern fanden sich im Mai und Juli. Dieselben maßen 12 bis 16 mm. Mehrere Weibchen von 10 und 12 mm Länge mit völlig entwickelten Antennen, die im März gefangen wurden, trugen noch keine Eier zwischen den Brutplatten.

Der skandinavischen Küste entlang findet sich die Art von den Lofoten bis nach Bohuslän, ebenso im Kattegat südlich bis in den Öresund und den großen Belt. Weiter ist sie nachgewiesen bei Helgoland, an der holländischen Küste, bei den Shetlands und Orkneys, an der großbritannischen Ost- und Westküste, bei den Inseln Man und Jersey, im Südwesten von Irland, an der nord- und westfranzösischen sowie der portugiesischen Küste. Im Mittelmeer werden Neapel, Algier und die Südküste von Frankreich genannt. Schließlich ist sie noch in Senegambien aufgefunden. Die Tiefenangaben bewegen sich von 4 m (Kattegat) bis 180 m (Station 85 der „Hirondelle").

## 21. Ampelisca gibba G. O. Sars.

Wie schon bei *A. brevicornis* erwähnt, ist die Kopfform das sicherste Unterscheidungsmerkmal der beiden nahe verwandten Formen. Bei *A. gibba* bilden der vordere und untere Rand ungefähr einen Winkel von anderthalb Rechten, während das untere Auge ein wenig hinter der unteren Kopfecke liegt. Die Beborstung des vierten Gliedes des siebenten Beinpaares ist auch bei erwachsenen Tieren verhältnismäßig gering; der hintere Ausläufer desselben trägt nur 3 Borsten.

Im Mai ist ein eiertragendes Weibchen von 8 mm Länge an der Südkante der norwegischen Rinne auf N 6 bei 104 m Tiefe in feinem, mit wenig Schlick gemischten Sand gefangen worden.

*A. gibba* ist an der skandinavischen Küste vom Trondhjemfjord bis zur Südküste Norwegens häufig. Außerhalb Norwegens ist sie nur bei Guernesey sowie in größeren Tiefen westlich von Irland und vom Eingang zum Kanal (verschiedene Stationen der „Porcupine", Norman) gefunden. Für die norwegischen Fundorte geben Sars und Norman Tiefen von ungefähr 90 bis 450 m an, die atlantischen Fundorte liegen zwischen 772 und 3020 m. Es handelt sich also jedenfalls um eine echte Tiefenform, die im atlantischen Ozean wahrscheinlich eine weitere Verbreitung besitzt.

## 22. Ampelisca macrocephala Lilljeborg.

Die Form des Kopfes steht ungefähr in der Mitte zwischen der von *A. brevicornis* und *A. gibba*, doch hat das untere Auge dieselbe Lage wie bei der ersteren Art. Die schwache Ausbildung des hinteren Ausläufers vom vierten Glied des siebenten Beinpaares läßt *A. macrocephala* leicht von den beiden vorigen Arten unterscheiden.

Unter den Nordsee-Arten scheint *A. macrocephala* die größte Länge zu erreichen. Ein Weibchen hatte eine Länge von ziemlich 30 mm; über 20 mm lange Individuen liegen mehrere vor. Bei der meist starken Krümmung der Tiere erscheinen dieselben in der Regel viel kürzer; es finden sich aber auch unter den konservierten ganz gerade gestreckte Exemplare. Eiertragende Weibchen von 18 mm sind im August und November gefangen, solche ohne Eier von 13 bis 30 mm (abgesehen von zahlreichen Jungen mit noch nicht völlig entwickelten Antennen) im März, Mai, Juli und November. 2 erwachsene Männchen von 16 und 17 mm Länge wurden im August erbeutet. Von einer Tiefe von 40 m an ist die Art in der

Nordsee nicht selten; sie liegt hier von 11 verschiedenen Stationen bis zu 100 m Tiefe, meist in mehreren Exemplaren, vor. Der Boden besteht an den betreffenden Fundstellen aus feinem Sand mit Schlick; nur einmal (N 11) fand sich *A. macrocephala* in gröberem Sand.

Die Art hat ihre Hauptverbreitung im arktischen Gebiete, wo sie im Karischen Meere, bei Spitzbergen, Island, Grönland und an der Küste von Labrador nachgewiesen ist. An der skandinavischen Küste wird sie von Ost-Finmarken bis nach Bohuslän gefunden, im Kattegat reicht sie südlich bis an den Eingang zum Öresund und in den großen Belt. Außerdem kommt sie an der schottischen Ost- und Westküste, bei der Insel Man und im Südwesten von Irland vor. Die Tiefenangaben liegen zwischen 9 m (Samsöbelt) und 275 m (bei Norwegen). Im Gegensatz zu der vorigen Art bevorzugt also *A. macrocephala* mehr die mittleren Tiefen, was auch ihr häufiges Vorkommen in der Nordsee ermöglicht.

## 23. **Ampelisca spinipes** Boeck.

Von den bisher angeführten Arten von *Ampelisca* unterscheidet sich *A. spinipes* schon dadurch, daß die obere Antenne bei beiden Geschlechtern ungefähr doppelt so lang ist, als der Stamm der unteren Antenne. Unterer und hinterer Rand der Epimerial-Platte des dritten Metasom-Segmentes stoßen ungefähr rechtwinklig aufeinander.

Die Art ist nur einmal in 3 jungen Exemplaren auf St 72 vor der holländischen Küste in 37 m Tiefe, feiner und grober Sand gemischt, gefunden worden.

An der skandinavischen Küste findet sich *A. spinipes* von den Lofoten bis nach Bohuslän, außerdem im Kattegat. Bei Helgoland, vor der holländischen Küste, bei den Shetland-Inseln, an sämtlichen Küsten Großbritanniens und im Süden und Westen von Irland ist die Art ebenfalls nachgewiesen. Dazu kommt noch die französische Nord- und Westküste südlich bis zum Golf von Biscaya. Das Tiefenvorkommen liegt ungefähr zwischen 30 und 800 m. An den Küsten der Nordsee ist *A. spinipes* nicht sehr häufig, während ihr Hauptverbreitungsgebiet an den atlantischen Küstenabhängen zu liegen scheint.

## 24. **Ampelisca aequicornis** Bruzelius.

Die annähernd gleiche Länge beider Antennen charakterisiert diese Art zur Genüge. Das einzige mir vorliegende Exemplar, ein Weibchen von 11 mm Länge, unterscheidet sich von der Abbildung der Art bei Sars dadurch, daß der Innenast des dritten Uropodenpaares an seinem distalen Ende 2 Borsten trägt, von denen die eine eben so lang als der Innenast, die andere ungefähr halb so lang ist. Auch der Außenast trägt an derselben Stelle 2 Borsten, die aber schwächer entwickelt sind.

Das Weibchen, im August gefangen, ist vollständig entwickelt, trägt aber keine Eier. Es stammt von N 8 aus der norwegischen Rinne aus einer Tiefe von 300 m. Boden: grauer Ton.

An der skandinavischen Küste ist die Art von den Lofoten bis Bohuslän nachgewiesen, ferner bei den Shetland-Inseln, westlich und östlich von Schottland, sowie im Westen von Irland. Außerdem werden Fundorte angeführt bei Guernesey, an der Westküste Frankreichs und bei den Azoren. Sars gibt Tiefen von ungefähr 90 bis 365 m an, die größte Tiefe verzeichnet Norman zu 530 m (Station 78 der „Porcupine", westlich von den Shetlands). Jedenfalls hat auch diese Art ihre Hauptverbreitung an den atlantischen Küsten.

## 25. **Ampelisca pusilla** G. O. Sars.

Mit *A. aequicornis* hat diese Art die Übereinstimmung in der Länge beider Antennen gemeinsam, sie unterscheidet sich von ersterer aber sofort durch die geringe Ausbildung der Augen, denen jede Spur einer Linse fehlt.

Es liegen 2 Weibchen von 6 und 4,5 mm Länge vor, beide von derselben Station der norwegischen Rinne wie *A. aequicornis*.

*A. pusilla* ist bisher nur von der norwegischen Küste und von Bohuslän bekannt. Nördlich hat sie Sars bis zum Polarkreis nachweisen können; das Tiefenvorkommen gibt derselbe von 183 bis 366 m an.

## 26. Haploops tubicola Lilljeborg.

*Haploops tubicola* zeichnet sich vor seinen Genus-Genossen besonders durch den Besitz von Corneal-Linsen bei dem oberen Augenpaar und dann durch den Mangel von Borstenbüscheln auf dem Rücken der hinteren Mesosom- und der Metasom-Segmente aus. Auch die Platte des zweiten Gliedes vom siebenten Beinpaar enthält einen leicht erkennbaren Unterschied, indem ihr Hinterrand schwach eingebuchtet ist, sodaß der untere Fortsatz im Vergleich mit dem von *H. setosa* schmal und schlank erscheint.

Es liegt nur ein junges Weibchen von 9 mm Länge von N 4 (97 m, feiner Sand mit Schlick) vor.

Im arktischen Gebiet ist *H. tubicola* aus dem sibirischen Eismeer, dem Karischen Meer, der Barents-See, von Spitzbergen, Island und Grönland und an der amerikanischen Ostküste von Labrador und der Fundy-Bay (45° N. B.) bekannt. An der skandinavischen Küste findet sie sich von Ost-Finmarken bis in die Ostsee hinein (letztere von Sars ohne nähere Angabe verzeichnet), außerdem im Kattegat bis zum großen Belt. Von Großbritannien werden die Shetland-Inseln sowie die Ost- und Westküste von Schottland und dem nördlichen England genannt; endlich ist noch St 36 der „Porcupine" vor dem westlichen Eingang zum Kanal sowie die Westküste der Bretagne zu erwähnen. Della Valle führt die Art von Neapel an, Chevreux trennt die Mittelmeerform jedoch als besondere Art *H. Della Vallei* ab, während Norman, dem Neapler Exemplare von Della Valle vorliegen, keine Scheidung vornimmt und als südlichsten Fundort dementsprechend Neapel angibt.

In Bezug auf die Tiefe scheint *H. tubicola* nicht wählerisch zu sein: die Angaben in dieser Hinsicht bewegen sich von 9 bis ungefähr 1325 m. Chevreux gibt schon für Tiefen von 15—20 m weichen Schlick (vase molle) an. Da das Tier in selbstgebauten Röhren lebt, so wird sein Vorkommen wesentlich von der Beschaffenheit des Bodens, aus dem es seine Röhren bauen muß, abhängen. Interessant ist in dieser Beziehung das von Sars angeführte Vorkommen in der Ostsee, in der sonst Ampelisciden zu fehlen scheinen. In der Ostsee findet sich zumeist Schlick- oder Mudboden, und zwar vielfach schon in ganz geringen Tiefen.

## 27. Haploops setosa Boeck.

Als besonders charakteristisch für diese Art hebt Sars den völligen Mangel von Corneal-Linsen, auch bei dem oberen Augenpaar, hervor, sowie das Vorkommen von medio-dorsalen Borstenbüscheln auf den Segmenten des hinteren Mesosom und des Metasom. Die größte Ähnlichkeit besitzt *H. setosa* mit *H. robusta* Sars, von der sie nach diesem Forscher hauptsächlich in der schlankeren Körpergestalt, den seitlichen Kopfecken (bei *H. robusta* abgerundet), der größeren relativen Länge der Antennen sowie durch die schwach zugespitzte hintere Ecke der Epimerialplatte des dritten Metasom-Segmentes abweicht. Ein Unterschied, den Sars in seiner Beschreibung noch erwähnt, ist jedenfalls nicht konstant: es ist das die Bedornung des Innenastes beim dritten Uropodenpaar. Bei *H. setosa* sollen sich 2, bei *H. robusta* dagegen 3 Dornen finden. Bei 7 vollständig erhaltenen Exemplaren aus der Nordsee, die alle zweifellos zu *H. setosa* gehören, besitzen nur die drei kleinsten (2 von je 7 mm und eines von 9 mm Länge) auf jeder Seite 2 Dornen, bei 3 Stück von 9 bis 11 mm Länge trägt das linke Uropod 2, das rechte 3 Dornen, während ein Tier von 12 mm auf beiden Seiten 3 Dornen aufweist. Hiernach erscheint es kaum zweifelhaft, daß die Zahl der Dornen mit der Größe zunimmt.

Ein weiteres variables Merkmal, dessen Veränderlichkeit mit der bisherigen Diagnose des Genus *Haploops* überhaupt in Widerspruch steht, finde ich außerdem bei der Mehrzahl der 10 mir vorliegenden Stücke. Während von dem oberen Augenpaar wegen Verschwinden des Pigmentes in Alkohol nichts wahrzunehmen ist, sind Corneal-Linsen für das untere Augenpaar meist vorhanden. Nur bei dem größten Exemplar von 14 mm Länge sind dieselben nicht zu erkennen, bei 5 Exemplaren sind sie undeutlich, bei 4 dagegen sehr deutlich wahrzunehmen. Die oben erwähnte *H. Della Vallei* Chevreux von Neapel und ebenso *H. laevis* Hoek aus der Kara-See besitzen übrigens sowohl an dem oberen wie am unteren Augenpaar Corneal-Linsen, sodaß also der Satz der Genus-Diagnose von Lilljeborg[1]): „Oculi duo simplices", den Sars dahin erweitert: „Corneal lenses, when present, only two, the inferior pair being

[1]) Om Hafs-Crustaceer vid Kullaberg i Skåne: Öfversigt af Kongl. Vet.-Akad. Förhandlingar 12. Jahrg. Stockholm 1855. p. 135.

quite absent", die weniger präzise Form erhalten muß: „Corneal-Linsen sowohl beim oberen wie unteren Augenpaar vorhanden oder fehlend".

*H. setosa* ist an 2 Stellen der norwegischen Rinne, auf N 6 und N 8, in 104 und 300 m Tiefe erbeutet. Es sind lauter Weibchen, die in der Länge zwischen 7 und 14 mm messen. Die Fangzeit war Mai und August und es haben sich eiertragende Weibchen nicht gefunden.

Auch *H. setosa* findet sich vielfach in den arktischen Gewässern, so im Karischen-Meere, der Barents-See, bei Spitzbergen, der Bären-Insel, Island und Grönland; ebenso sind im atlantischen Ocean westlich von Irland und den Shetland-Inseln einige Fundorte angeführt. Hierzu kommt die Westküste von Schottland und die norwegische Küste vom Süden bis Ost-Finnmarken. Im Mittelmeer ist sie bei der Insel Pantellaria gefunden. Das Vorkommen an der amerikanischen Ostküste (Fundy-Bay) ist noch zweifelhaft, denn ein paar große Exemplare, die Norman von dort erhielt, ähneln nach diesem Forscher eher *H. robusta*, obgleich die relativen Längen der Stammglieder der beiden Antennen abweichen sollen.

Im Gegensatz zu *H. tubicola* kommt *H. setosa* nur in größeren Tiefen vor; für Grönland gibt Hansen 88 bis 355 m an, alle übrigen Angaben beginnen erst bei ungefähr 200 m. Die größte Tiefe erwähnt Norman für Station 3 der „Porcupine" im Süd-Westen von Irland mit 1320 m.

## Tabelle 5.

**Die Fundorte der Ampeliscidae.**

| | *Ampelisca carinata* | *Ampelisca tenuicornis* | *Ampelisca brevicornis* | *Ampelisca gibba* | *Ampelisca macrocephala* | *Ampelisca spinipes* | *Ampelisca aequicornis* | *Ampelisca pusilla* | *Haploops tubicola* | *Haploops setosa* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N 1 | — | 02 XI. | — | — | — | — | — | — | — | — |
| N 2 | — | 02 V. | 03 V., XI. | — | — | — | — | — | — | — |
| N 3 | — | — | — | — | 02 VIII. | — | — | — | — | — |
| N 4 | — | 02 VIII., XI. | — | — | 02 VIII., XI. | — | — | — | 02 VIII. | — |
| N 5 | — | — | 03 V. | — | 02 V., 03 V. | — | — | — | — | — |
| N 6 | — | 03 V. | — | 03 V. | 02 VIII., 03 V. | — | — | — | — | 03 V. |
| N 8 | — | — | — | — | — | — | 02 VIII. | 02 VIII. | — | 02 VIII. |
| N 11 | — | — | — | — | 02 XI. | — | — | — | — | — |
| N 14 | 02 XI. | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| St 7 | — | 03 III. | — | — | — | — | — | — | — | — |
| St 16 | — | — | — | — | 03 III. | — | — | — | — | — |
| St 19 | — | 03 III. | — | — | — | — | — | — | — | — |
| St 25 | — | 03 III. | 03 III. | — | 03 III. | — | — | — | — | — |
| St 28 | — | 03 III. | — | — | — | — | — | — | — | — |
| St 49 | — | 03 III. | 03 III. | — | 03 III. | — | — | — | — | — |
| St 61 | — | 03 VII. | 03 VII. | — | 03 VII. | — | — | — | — | — |
| St 62 | — | — | 03 VII. | — | — | — | — | — | — | — |
| St 64 | — | — | 03 VII. | — | 03 VII. | — | — | — | — | — |
| St 65 | — | 03 VII. | — | — | 03 VII. | — | — | — | — | — |
| St 67 | — | — | 03 VII. | — | — | — | — | — | — | — |
| St 72 | — | — | 03 VII. | — | — | 03 VII. | — | — | — | — |
| St 74 | — | — | 03 VII. | — | — | — | — | — | — | — |
| St 78 | — | 03 VII. | — | — | — | — | — | — | — | — |

# Amphilochidae.

Im Gegensatz zu den Angehörigen der bisher behandelten Familien, die zum größten Teil an den Aufenthalt im Boden angepaßt sind, halten sich die Amphilochidae an anderen Organismen, hauptsächlich an Bryozoen und Hydroiden, auf. Einzelne Arten kommen auch in ganz flachem Wasser vor, wo sie zwischen Algen leben wie beispielsweise *Gitana Sarsii* Boeck.

Nach unseren bisherigen Fängen spielt diese Familie im deutschen Teile der Nordsee biologisch nur eine untergeordnete Rolle. Es wurden nur 3 Arten erbeutet, und auch diese nur in sehr geringer Anzahl.

## 28. **Amphilochus manudens** Spence Bate.

Der zahnartige Fortsatz, in dem das sechste Glied bei den beiden vorderen Beinpaaren am distalen Ende ausläuft, läßt diese Art leicht von den anderen nordischen Formen unterscheiden.

Es liegt nur ein junges Weibchen von 3 mm Länge aus dem Skagerrak aus 67 m Tiefe bei feinem gelbbraunem Sand vor.

An der skandinavischen Küste ist *A. manudens* von Ost-Finmarken bis Christiania nachgewiesen, ebenso im Kattegat am Eingang zum großen Belt. Sein Vorkommen ist ferner festgestellt für Grönland, die Ost- und Westküste von Schottland, zwischen Nord-Wales und der Insel Man, für Süd-England an der Küste von Devonshire, bei Jersey und an der Westküste von Frankreich. Der südlichste Fundort ist Station 85 der „Hirondelle", im Westen von der Vendée. Die Angaben über die Tiefenverbreitung bewegen sich zwischen 9 und 366 m.

## 29. **Amphilochus neapolitanus** Della Valle.

Nach Norman, der Neapler Exemplare sowohl von *A. neapolitanus* wie von *A. brunneus* Della Valle untersuchen konnte, ist *A. melanops* Walker mit der ersteren Art zu identifizieren. Jedenfalls stimmen die in der Nordsee an 4 verschiedenen Stationen gefundenen Exemplare in Bezug auf das zweite Fußpaar genau mit der Norman'schen Abbildung überein. Charakteristisch ist für das sechste Glied die dreieckige Gestalt, ferner die Länge des carpalen Fortsatzes, der bis an die vordere Ecke der Hand reicht. Der große Zahn am Innenrande der Klaue kann außerdem als bequemes Erkennungszeichen verwendet werden, ist nach der Abbildung von Della Valle allerdings auch bei *A. brunneus* vorhanden.

Norman wirft selbst die Frage auf, ob die beiden Arten *A. neapolitanus* und *A. brunneus* überhaupt als verschieden anzusehen sind. Er glaubt die Frage bejahen zu müssen, und zwar hebt er dabei besonders hervor, daß alle von ihm in Neapel gesammelten Exemplare die Charaktere von *A. brunneus*, die britischen dagegen die von *A. neapolitanus* tragen. Hierzu möchte ich bemerken, daß, wenn die beiden einander so nahe stehenden Formen stets in getrennten Gebieten vorkämen, man vielleicht besser an lokale Varietäten denken könnte; findet man beide Formen dagegen nebeneinander an derselben Stelle, wie dies mit den zwei in Frage kommenden Arten bei Neapel ja tatsächlich der Fall ist, so kann hierin viel eher ein Grund zur spezifischen Trennung gesehen werden.

Von den 4 Stationen, auf denen die Art in der Nordsee gefunden wurde, liegen 3 auf der Doggerbank zwischen 19 und 40 m Tiefe, eine vor der holländischen Küste bei 37 m. Überall sind Hydroiden als häufig notiert. Es sind nur Weibchen gefangen, die größten im Juli von 4 mm Länge mit Eiern. Im März wurde ein Weibchen von 2,5 mm, ebenfalls mit Eiern, erbeutet, daneben noch 10 Stück von ungefähr 2 mm Länge ohne Eier.

Die Station 12 der Helgoländer März-Fahrt auf dem nord-östlichen Ausläufer der Doggerbank ist bisher der nördlichste Fundort von *A. neapolitanus*. An der englischen Küste ist die Form in der Liverpool-Bay sowie bei Falmouth nachgewiesen. Außerdem findet sie sich bei Jersey und an der westfranzösischen Küste und schließlich bei Neapel. Die Art gehört hiernach zu denjenigen Formen, deren Hauptverbreitung im Mittelmeer und an den flachen atlantischen Küsten Europas zu suchen ist und deren Vordringen in die Nordsee durch den Kanal erfolgt ist. Die Fundorte auf der Doggerbank und vor der holländischen Küste stehen hiermit in Einklang.

*A. neapolitanus* lebt in flachem Wasser; jedenfalls liegen alle bisherigen Fundorte in geringeren Tiefen als die 4 Fangstellen des „Poseidon".

### 30. Amphilochoides serratipes (Norman).

Die von G. O. Sars als *A. Boeckii* bezeichnete Art ist nach Norman identisch mit *Probolium serratipes* Norman. Das bequemste Unterscheidungsmerkmal von der nahe verwandten *A. odontonyx* (Boeck) bietet die Epimerialplatte des dritten Metasom-Segmentes, welche am distalen Ende ihres unteren Randes in eine abgesetzte zahnartige Spitze ausläuft.

Es liegt nur ein eiertragendes Weibchen von N 3 aus 73 m Tiefe von 4 mm Länge vor.

Die Art kommt an der skandinavischen Küste vom Trondhjemfjord bis nach Christiania vor, weiterhin ist sie nachgewiesen bei den Shetland-Inseln, an der Westküste Schottlands, bei der Insel Man und bei Concarneau an der Südküste der Bretagne. Die Tiefenangaben bewegen sich zwischen 9 und 183 m.

Tabelle 6.

**Die Fundorte der Amphilochidae.**

| | *Amphilochus manudens* | *Amphilochus neapolitanus* | *Amphilochoides serratipes* |
|---|---|---|---|
| N 3 | — | — | 02 VIII. |
| N 11 | 02 VIII. | — | |
| St 11 | — | 03 III. | — |
| St 12 | — | 03 III. | |
| St 67 | — | 03 VII. | — |
| St 72 | — | 03 VII. | — |

## Stenothoidae.

Die Glieder der Familie der Stenothoidae in der ihr von Boeck gegebenen Umgrenzung sind auf den ersten Blick an der starken Entwickelung der Coxalplatten beim zweiten bis vierten Beinpaar und der äußerst schwachen Ausbildung dieser Platte am ersten Paar zu erkennen. In ihrer Lebensweise stehen sie den Amphilochidae nahe, da sie wie letztere meist auf Algen oder Hydroiden sich finden. In ihrer Gestalt zeigen die meisten Arten der Familie eine deutliche Anpassung in dieser Richtung, indem die Pereiopoden, vor allem die hinteren drei Paare derselben, in der Regel in Bezug auf die letzten 3 Glieder eine kräftige Entwickelung aufweisen und auch die Krallen meist groß und deutlich gekrümmt sind.

Die Artenzahl, besonders beim Genus *Metopa,* ist im Norden sehr groß, ihre Massenentwickelung steht aber im allgemeinen hinter der bei den bisher behandelten artenärmeren im Sande lebenden Familien zurück, vor allem im Gebiet der Nordsee. Allerdings mag ein Grund zur verhältnismäßig geringen Ausbeute auf den Fahrten des „Poseidon" darin liegen, daß die Dredge kein sehr vorteilhaftes Gerät für die Erlangung von größeren Mengen von Hydroiden ist und daß von den durch die großen Schleppnetze heraufbeförderten Massenformen der Hydroiden und Bryozoen die Stenothoiden beim Aufheben der Netze fast immer schon völlig abgespült sind.

### 31. Stenothoe marina (Sp. Bate).

Neben dem wichtigsten Gattungsmerkmal, dem Mangel von Palpen an den Mandibeln, ist die Art durch die relative Länge der einzelnen Abschnitte der Antennen charakterisiert. Die Geißel der oberen Antenne ist beim Weibchen ein wenig länger als die 3 Stammglieder zusammengenommen, die Geißel

der unteren Antenne länger als das fünfte Stammglied der letzteren. Von der sehr nahe stehenden *St. microps* Sars unterscheidet sich *St. marina* wesentlich durch die stärkere Entwickelung der Augen bei geringerer Körpergröße.

In der Nordsee hat sich unsere Art an 4 Stationen zwischen 19 und 41 m Tiefe gefunden. Alle Fänge stammen aus dem Juli, und von 8 Weibchen in der Länge von 3 bis 4,5 mm trugen vier Eier zwischen den Brutplatten.

Für Skandinavien wird *St. marina* von Nordland bis zur Südküste Norwegens als häufig angeführt; ferner wird sie von Helgoland und der ostfriesischen Küste erwähnt. Sie kommt bei den Shetland-Inseln und an sämtlichen großbritannischen Küsten sowie an der irischen Westküste vor. Auch an der französischen Nord- und Westküste sowie im Norden von Spanien und an der portugiesischen Küste ist sie nachgewiesen; endlich findet sie sich bei den Azoren. Das von Heller[1]) berichtete Vorkommen in der Adria ist zweifelhaft, denn seine Beschreibung von der als *Probolium marinum* bezeichneten Art: „Die beiden Fußpaare sind in ihrer Stärke und Form wenig verschieden, das zweite nur etwas stärker" kann kaum auf die vorliegende Art bezogen werden, bei welcher der Größenunterschied besonders im sechsten Gliede (dem Propodale) ein sehr ausgesprochener ist.

Die Angaben über das Tiefenvorkommen bewegen sich zwischen 0 m (marée basse, Chevreux) und 165 m (Station 6 der „Porcupine" im Süd-Westen von Irland, Norman).

## 32. **Metopa spectabilis** G. O. Sars.

Sars hebt selbst die große Ähnlichkeit dieser Art mit *M. Alderi* (Sp. Bate) hervor, und man kommt bei Vergleichung der Sars'schen Abbildungen beider Arten sehr leicht auf die Vermutung, daß es sich nur um verschieden kräftig entwickelte Formen derselben Art handeln könne. Auffällig wäre dabei nur, daß die kleinere *M. Alderi* verhältnismäßig größere Augen hat. Auch zwischen *Stenothoe marina* und *St. microps* findet sich ja übrigens derselbe Unterschied, daß die kleinere Art *(St. marina)* relativ größere Augen besitzt. Ob es sich in beiden Fällen um eine besondere Anpassung an bestimmte Lebensbedingungen handelt, läßt sich noch nicht entscheiden. Jedenfalls ist es bemerkenswert, daß die 3 vom „Poseidon" erbeuteten Tiere (St 10, 55° 10′ N, 4° 26′ O) an der Oberfläche (über 51 m Grund) gefischt wurden, und daß auch Sokolowsky für die beiden bei Helgoland gefundenen Stücke als Fanggerät das Brutnetz angibt.

Die zwei im März gefangenen Weibchen maßen 8 und 12 mm und trugen beide Eier; das Männchen war 11 mm lang.

Sars führt nur drei Fundorte an, und zwar einen außerhalb Kristiansund (St 31 der Norske Nordhafs-Expedition), dann Hammerfest und schließlich noch Station 343 der genannten Expedition unter 76° 34′ N und 12° 51′ O im Südwesten von Spitzbergen. Die Tiefe wird von ihm bei Hammerfest zu 93 bis 146 m, auf den beiden Expeditions-Stationen zu 763 bez. 1359 m angegeben.

## 33. **Metopa rubrovittata** G. O. Sars.

Von der vorigen Art ist *M. rubrovittata* durch die Kürze der Antennen, die hier nur ungefähr ein Drittel der Körperlänge messen, die Gestalt der Hand beim zweiten Beinpaare sowie durch die Form des dritten Uropodenpaares unterschieden, bei dem das Basalglied kürzer als das zweite Glied ist und nur einen Dorn trägt, während bei *M. spectabilis* (und auch bei *M. Alderi*) das Basalglied die Länge des zweiten und dritten Gliedes zusammengenommen erreicht und mit ungefähr 5 Dornen an der oberen Kante bewaffnet ist. Eine sehr genaue Abbildung der Schere findet sich bei Hoek (l. c. Pl. VII Fig. 4 und 4′). Die beiden Antennen sind gleich lang, bei der unteren besitzt die Geißel ungefähr dieselbe Länge wie der Stamm.

Auf unseren Fahrten ist die Art an 3 Stationen, zwischen 19 und 40 m, gefunden. Es liegen nur 3 erwachsene Weibchen von 3 bis 3,5 mm Länge vor. Die Fänge fanden im März und Juli statt. Das im März gefangene Weibchen von 3 mm trug Eier.

Die Verbreitung von *M. rubrovittata* ist eine ziemlich weite, die Fundorte liegen aber sehr vereinzelt und es wird meist auch nur eine ganz geringe Individuenzahl angeführt. Von der skandinavischen

[1]) Beiträge zur näheren Kenntnis der Amphipoden des Adriatischen Meeres. Denkschriften d. Kais. Akademie d. Wissenschaften. Bd. 26. Wien 1866.

Küste sind Ost-Finmarken und Kristiansund an der norwegischen Westküste genannt; dazu kommt das Kattegat. Von Helgoland wird ebenfalls ein Exemplar erwähnt, die Abbildung der Schere, die Sokolowsky gibt, kann aber nicht auf diese Art bezogen werden, da die Klaue viel länger dargestellt ist. Bei *M. rubrovittata* reicht sie im eingeschlagenen Zustande nur bis an den Innenrand des äußeren Zahnes. Weitere Fundstellen liegen an der holländischen Küste, bei den Shetland-Inseln, an der Küste von Northumberland, im Firth of Clyde, im Norden von Wales, an der französischen Kanalküste und im Süd-Westen der Bretagne. Die Tiefenangaben bewegen sich zwischen 13 und 200 m.

### 34. Metopa Normani Hoek.

Diese Art steht, wie auch Norman hervorhebt, *M. rubrovittata* sehr nahe. Die Antennen sind ein wenig länger, bei der oberen ist das erste Glied doppelt so dick als das zweite und so lang als das zweite und dritte zusammengenommen. Das dritte Glied ist nur ein drittel so lang als das zweite. Die Hand des zweiten Beinpaares ist verhältnismäßig lang und ihre Seitenwände verlaufen fast parallel. Für die Bezahnung und die Verteilung der Borsten ist auf die Abbildung bei Hoek (l. c. Pl. VII Fig. 5′) zu verweisen. Charakteristisch scheint ferner die Bedornung des dritten Uropodenpaares zu sein. An dem Basalglied, das dem zweiten Glied in der Länge gleichkommt, finden sich wie bei *M. borealis* Sars 2 Dornen, am zweiten Glied ebenfalls 2 Dornen wie bei *M. rubrovittata*.

Es liegt ein Weibchen von 4,5 mm Länge vom Rande der Doggerbank aus 40 m Tiefe vor, das im März gefangen wurde. Zwischen den Brutplatten findet sich nur ein Ei in einem sehr frühen Furchungsstadium. Das Exemplar von Hoek, ebenfalls ein Weibchen, maß 4,8 mm und wurde im August in der Nähe des Borkum-Riff aus 27 m erbeutet.

### 35. Metopa borealis G. O. Sars.

Auch diese Art ähnelt in vielen Punkten sehr *M. rubrovittata*. Die Antennen sind ebenfalls von gleicher Länge, bei der unteren ist aber die Geißel kurz, kaum länger als das fünfte Glied des Stammes. Das Propodium des zweiten Beinpaares ist verhältnismäßig breit, kaum um die Hälfte länger als breit. Sehr kräftig ist das vierte Glied beim siebenten Beinpaar entwickelt. Die Spitze des hinteren Fortsatzes dieses Gliedes ragt ja nicht bis zum Ende des fünften Gliedes vor, die hintere Kante ist aber stark gewölbt, sodaß der Fortsatz im Verhältnis breiter ist als bei *M. rubrovittata*. Am dritten Uropodenpaar ist das Basalglied etwas länger als das zweite und ist mit 2 Dornen versehen, während das letztere nur einen Dorn trägt.

Ein Weibchen von 3 mm Länge ohne Eier wurde auf St 10 mit *M. spectabilis* zusammen von der Oberfläche gefischt. Einige ganz kleine Tiere von 1 bis 1,5 mm Länge aus demselben Fange gehören wegen ihrer Übereinstimmung in bezug auf die Entwickelung des vierten Gliedes des siebenten Beinpaares jedenfalls auch zu dieser Art.

Als norwegische Fundorte werden Tromsö und der Stavanger-Fjord angegeben, als wahrscheinlichen Aufenthalt führt Sars noch Finmarken an. Die Art wird ferner erwähnt von Grönland, von einzelnen Punkten der Ost- und Westküste Schottlands, von Nord-Wales und Guernesey. Das Tiefenvorkommen ist zu 9 bis 55 m verzeichnet.

### 36. Metopa norvegica (Lilljeborg).

Aus der Lilljeborg'schen Diagnose für diese Art geht, wie Norman hervorhebt, klar hervor, daß die Bate'sche Art *M. pollexiana* mit derselben identisch ist. (Wäre dies, wie Sars annimmt, für *M. Alderi* der Fall, so müßte übrigens der letztere Name ja auch zu gunsten von *M. norvegica* fortfallen.) Das wichtigste und zugleich am leichtesten erkennbare Unterscheidungsmerkmal von *M. Alderi* liegt in der relativen Länge der Antennen. Bei *M. norvegica* ist die obere Antenne länger als die untere („Antennae superiores inferioribus longiores" Lilljeborg), bei *M. Alderi* ist das umgekehrte der Fall. Großer systematischer Wert wird auch dem zahnförmigen Fortsatz der Hand am zweiten Fußpaar beigemessen, der auch beim Weibchen eine Größe erreicht, wie sie von anderen Arten der Gattung nicht bekannt ist. Bei jüngeren Exemplaren, noch bei solchen von ungefähr 5 mm Länge (die größten bisher beobachteten Tiere messen etwa 8 mm) ist dieser Fortsatz jedoch noch sehr kurz und seine Spitze ragt hier bei weitem nicht

bis zur Höhe der der Klaue zugekehrten Kante vor. Die Ähnlichkeit mit der Hand von *M. Alderi* ist dann sehr groß und zur Unterscheidung müssen in solchen Fällen andere Kennzeichen herangezogen werden. Neben dem Unterschied bei den Antennen ist hier noch das dritte Uropodenpaar zu nennen, dessen kräftiges Basalglied nur einen Dorn trägt (bei *M. Alderi* fünf), während umgekehrt das Telson mit meist 2 Paar kurzen Dornen versehen ist, die bei *M. Alderi* fehlen. Diese letzteren Merkmale sind auch bei Tieren von 4 mm Länge schon deutlich ausgebildet.

*M. norvegica* ist auf unseren Fahrten nur einmal im Skagerrak bei 64 m Tiefe gefangen worden, aber in ziemlich großer Anzahl, im ganzen 42 Exemplare von 4 bis 8 mm Länge. Beinahe die Hälfte der im August erbeuteten Tierchen ist in Häutung begriffen, und von den zahlreichen Weibchen trug kein einziges Eier.

Die verschiedenen für diese Art festgestellten Fundorte liegen ziemlich vereinzelt, für mehrere wird aber angeführt, daß sich eine große Menge Individuen vorfanden. Im Norden werden Grönland und die Murman-Küste, von Norwegen Tromsö und der Trondhjemfjord genannt. Weiter sind zu erwähnen die Shetland-Inseln, vereinzelte Punkte an der großbritannischen Westküste und endlich St-Ives im Nord-Osten von Landsend. Das Tiefenvorkommen gibt Sars zu 55 bis 92 m an.

## 37. Metopa robusta G. O. Sars.

Norman[1]) hat für die drei Arten *M. palmata* G. O. Sars, *M. clypeata* Kröyer und *M. robusta* ein neues Genus *Sthenometopa* (= *Metopina* Norman) eingeführt. Als Hauptmerkmal dient die Form der vordersten Gnathopoden, bei denen Hand und Klaue nicht scherenähnlich gebaut sind, sondern die Hand lang und sehr schmal und das Endglied sehr klein, abgeplattet und nicht klauenförmig ist. Als weitere Kennzeichen werden der kräftige Bau des zweiten Gnathopodenpaares und die starke Entwickelung des hinteren Fortsatzes am vierten Gliede der letzten Beinpaare hervorgehoben. Zu einer Abspaltung von dem Genus *Metopa* scheinen mir diese Merkmale aber nicht hinreichend zu sein. Die Schlankheit des ersten Gnathopodenpaares ist allerdings eine sehr auffällige, innerhalb des Genus *Metopa* ist aber die Gestalt desselben auch sehr schwankend, und zwischen derjenigen von *M. robusta* und *M. propinqua* G. O. Sars ist z. B. lange kein so großer Unterschied wie zwischen demselben Organ bei letzterer Art und *M. leptocarpa* G. O. Sars. Die Kürze des Endgliedes ist bei *M. affinis* Boeck fast noch stärker ausgesprochen als bei den zu *Sthenometopa* gestellten Arten. Auch für dieses Merkmal läßt sich innerhalb des Genus *Metopa* eine ganze Reihe von Übergängen aufstellen. Was die Hand des zweiten Gnathopodenpaares anlangt, so ist diejenige von *M. palmata* allerdings abweichend gebaut, bei *M. robusta* ist der Typus der übrigen Arten der Gattung aber völlig gewahrt, und es befindet sich in bezug auf dieses Kennzeichen von letzterer Art bis zu *M. tenuimana* G. O. Sars mit ganz schwach ausgebildeter Hand ebenfalls eine ununterbrochene Folge von Übergängen. Dasselbe ist mit der kräftigen Ausbildung des hinteren Fortsatzes am vierten Gliede der letzten 3 Beinpaare der Fall. *M. propinqua* und *M. borealis* würde man auf Grund dieses Charakters garnicht von *Sthenometopa* trennen können, und auch dieses Merkmal ist innerhalb der Gattung *Metopa* großen Schwankungen unterworfen.

Neben den oben für die von Norman abgetrennte Gruppe angeführten Merkmalen ist für *M. robusta* noch die Gestalt der Coxalplatte des vierten Beines charakteristisch, die an ihrem unteren Rande eine deutliche Einbuchtung zeigt, was sonst, so viel ich sehen kann, in ähnlicher Weise nur noch bei *M. sinuata* G. O. Sars und *M. propinqua* der Fall ist, während diese Kante bei den übrigen Arten der Gattung meist nach unten vorgewölbt ist.

*M. robusta* ist gleichzeitig mit *M. norvegica* im August aus 64 m Tiefe heraufgeholt und zwar in 8 Exemplaren, die von 3 bis 5,5 mm maßen. Ein Weibchen von 5,5 mm trug Eier zwischen den Brutplatten.

Die Art ist an der norwegischen Küste an vereinzelten Punkten von West-Finmarken bis zum Trondhjemfjord gefunden, außerdem an der Ostküste Schottlands im Moray-Firth und im Firth of Forth. Die Angaben über das Tiefenvorkommen liegen zwischen 55 und 275 m.

[1]) Notes on the Natural History of East Finmark. Annals and Mag. of Nat. History. 7. Serie. Vol. X. London 1902. p. 481.

### 38. **Metopa quadrangula** n. sp. (Taf. V, Fig. 1—4.)

Mit *M. norvegica* und *M. robusta* zusammen hat sich eine *Metopa* in einem Exemplar gefunden, deren Identifizierung mir mit keiner der bisher beschriebenen Formen möglich erscheint. Die Gestalt des Kopfes zeigt nichts Auffälliges, die seitlichen Ecken sind zugespitzt, die Augen verhältnismäßig groß. Die beiden Antennen sind ungefähr gleich lang; sie kommen etwa dem dritten Teil der Körperlänge gleich. Das Basalglied der oberen Antenne ist am proximalen Ende fast doppelt so breit wie am distalen; seine Länge ist der des Kopfes ziemlich gleich. Das zweite Glied ist schmäler als das distale Ende des ersten und verjüngt sich gleichfalls nach vorn; es ist ein wenig kürzer als das Basalglied. Das dritte Glied ist kurz und schmal, in seinen Dimensionen nur wenig größer als das erste Geißelglied. Die Geißel setzt sich aus 9 Gliedern zusammen und hat dieselbe Länge wie der Stamm der Antenne. Bei der unteren Antenne sind das vierte und fünfte Glied gleich lang, das letztere etwas schmäler. Ihre Geißel besteht gleichfalls aus 9 Gliedern und ist um die Hälfte länger als das fünfte Stammglied. Die vorderen Gnathopoden sind ziemlich schlank, das fünfte Glied ist verhältnismäßig lang, fast doppelt so lang als das sechste; die Klaue trägt kurz vor ihrer Spitze am Innenrande noch einen kleinen Zahn, der aber erst bei stärkerer Vergrößerung sichtbar wird. Am zweiten Gnathopodenpaar ist die Hand etwa doppelt so lang als breit; ihre seitlichen Ränder laufen parallel, wodurch die viereckige Gestalt der Hand bedingt ist, die im Speciesnamen angedeutet sein soll. Ihr vorderer Rand ist unregelmäßig gezähnt. Die Klaue ist groß und kräftig, eingeschlagen ragt ihre Spitze ein wenig über den unteren Zahnfortsatz der Hand hinaus. Die Coxalplatte des vierten Beines ist am unteren Rande ganz schwach eingebuchtet. Die letzten drei Pereiopoden zeichnen sich durch die Größe des hinteren Fortsatzes am vierten Gliede aus. Bei dem siebenten Beinpaar ist auch die seitliche Platte des zweiten Gliedes sehr stark entwickelt, sodaß dieses Glied fast ebenso breit als lang erscheint; der hintere Rand desselben ist unregelmäßig ausgebuchtet. Beim dritten Uropod ist das Basalglied länger, als das zweite und dritte zusammengenommen und mit 3 bis 4 Dornen, die je ein seitliches Haar tragen, bewaffnet. Das zweite Glied besitzt nur einen Dorn. Das Telson ist mit 3 Paar Dornen versehen.

In bezug auf die Gestalt der Hand des zweiten Gnathopods steht die Art ungefähr in der Mitte zwischen *M. rubrovittata* und *M. Normani*, der Bau der vorderen Gnathopoden weicht aber beträchtlich ab und schließt sich eher an den bei *M. robusta* an, sodaß aus diesem Grunde eine Anlehnung an die Norman'sche *Sthenometopa* erfolgen müßte. Das dritte Uropod und das Telson zeigen große Ähnlichkeit mit denselben Organen bei *M. propinqua*, der *M. quadrangula* überhaupt am nächsten zu stehen scheint, von der sie sich aber sofort durch die Form des zweiten Gnathopodenpaares unterscheidet.

Das einzige bisher gefundene Exemplar stammt aus dem Skagerrak (N 11) aus 64 m Tiefe. Es ist ein Weibchen von 4 mm Länge ohne Eier.

Tabelle 7.

**Die Fundorte der Stenothoidae.**

| | *Stenothoe marina* | *Metopa spectabilis* | *Metopa rubrovittata* | *Metopa Normani* | *Metopa borealis* | *Metopa norvegica* | *Metopa robusta* | *Metopa quadrangula* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N 11 | — | — | — | — | — | 02 VIII. | 02 VIII. | 02 VIII. |
| St 10 | — | 03 III. | — | — | 03 III. | — | — | — |
| St 11 | — | — | 03 III. | 03 III. | — | — | — | — |
| St 58 | — | — | 03 VII. | — | — | — | — | — |
| St 61 | 03 VII. | — | — | — | — | — | — | — |
| St 67 | 03 VII. | — | 03 VII. | — | — | — | — | — |
| St 70 | 03 VII. | — | — | — | — | — | — | — |
| St 72 | 03 VII. | — | — | — | — | — | — | — |

## Leucothoidae.

Diese Familie enthält nach Sars das einzige Genus *Leucothoe*. In dieser Beschränkung ist sie hauptsächlich durch den Bau der beiden Gnathopodenpaare ausgezeichnet. Beim ersten Gnathopodium ist das fünfte Glied (der Carpus) sehr kräftig und besitzt einen Fortsatz, der so lang als das sechste Glied (die Hand) ist; dieses letztere bildet mit dem Carpalfortsatz eine Schere, deren Schneiden nach vorn gerichtet sind. Das zweite Gnathopodium zeichnet sich durch die mächtige Entwickelung der Hand aus, deren Länge beim Weibchen fast der der vorderen 3 Körpersegmente gleichkommt, beim erwachsenen Männchen dieselben noch übertrifft. Einzelne Arten leben halbparasitisch in der Kiemenhöhle von Ascidien, andere sind bisher nur frei beobachtet und leben wohl meist auf Hydroiden oder Bryozoen.

### 39. Leucothoe Lilljeborgii Boeck. (Taf. V, Fig. 5).

Von Robertson ist im Jahre 1892 [1]) eine *L. incisa* beschrieben, deren Hauptmerkmal in einer Einbuchtung am hinteren Rande des dritten Metasom-Segments besteht, wodurch die Epimerialplatte dieses Segmentes einen nach rückwärts gerichteten zahnförmigen Fortsatz erhält. Andere Merkmale erwähnt Robertson nicht. Dieser zahnförmige Fortsatz ist nach G. O. Sars bei *L. Lilljeborgii* ebenfalls vorhanden. Stebbing hat nun 1897 [2]) eine eingehendere Beschreibung und Abbildungen der Originalexemplare von *L. incisa* veröffentlicht. Als Unterschiede von *L. Lilljeborgii* erwähnt er die Gestalt der Coxalplatte des vierten Beines, bei der Vorder- und Unterrand in einer abgerundeten Ecke zusammenstoßen. Dann ist das Telson doppelt so lang als breit und läuft in eine Spitze aus. Auch für die Gnathopoden werden ein paar Unterschiede angeführt, so die größere Länge der Klauen beim ersten Paar und die Wölbung der Hand beim zweiten. Norman hält diese Unterschiede nicht für hinreichend zu einer systematischen Trennung, und einzelne derselben sind nach ihm vom Alter abhängig. Chevreux (l. c. p. 58) erkennt die Artberechtigung von *L. incisa* an. Die mir vorliegenden Nordsee-Exemplare stimmen im allgemeinen mit Beschreibung und Abbildung bei Sars überein. Abweichend ist vor allem die Gestalt der Epimerialplatte des zweiten Metasom-Segmentes, die ähnlich wie die des dritten Segmentes einen nach hinten gerichteten Zahn trägt. Dies bildet Stebbing bei *L. incisa* ab, während weder Sars noch Norman etwas von diesem Merkmal erwähnen. Allerdings spricht auch Stebbing nur von einer „tendency to this in the preceeding segment", was wohl so zu verstehen ist, daß diese Bildung nicht bei allen Individuen gleich entwickelt ist. Die Coxalplatte des vierten Körpersegmentes ist durch eine scharfe vordere Ecke wie bei *L. Lilljeborgii* ausgezeichnet. Die Gestalt der Gnathopoden ist dieselbe wie bei letzterer Art. Die Wölbung der Hand beim zweiten Gnathopodium ist beim erwachsenen Männchen stärker als beim jungen Männchen und beim Weibchen. Die relative Länge der Antennen wird jedenfalls durch das Alter beeinflußt. Walker [3]) erwähnt ein Exemplar von $2^1/_4$ mm Länge, bei dem die beiden Antennen gleich lang sind, während ein Männchen von 5 mm aus der Nordsee besonders die zwei ersten Stammglieder der oberen Antenne noch kräftiger entwickelt zeigt, als Sars dies abbildet, sodaß die obere Antenne hier ganz wesentlich länger als die untere ist.

Jedenfalls muß ich mich der Ansicht von Norman anschließen, nach der *L. incisa* als Synonym von *L. Lilljeborgii* aufzufassen ist, denn die Abrundung der vorderen Ecke der vierten Coxalplatte kann wohl auch ein Merkmal sein, das individuellen Schwankungen unterworfen ist. *L. serraticarpa* Della Valle ist, wie dieser Forscher im Synonymenverzeichnis (l. c.) auch selbst angibt, identisch mit *L. Lilljeborgii*.

Die 4 Stationen, an denen der „Poseidon" unsere Art erbeutet hat, liegen sehr weit auseinander. Eine findet sich am Ostabhang der Doggerbank, eine (St 49) in der Mitte zwischen Doggerbank und der nordfriesischen Küste, die dritte in der norwegischen Rinne, die vierte endlich östlich von Skagen, am Nordende des Kattegat. Die Tiefe beträgt zwischen 40 und 104 m. Ein im Mai gewonnenes Weibchen von 5 mm Länge trug Eier, ein solches von 4 mm aus dem März hatte noch ganz schwach entwickelte

[1]) A second contribution towards a catalogue of the Amphip. and Isop. of the Firth of Clyde. Trans. Nat. Hist. Soc. Glasgow, vol. III. p. 217.

[2]) Amphipoda from the Copenhagen Museum and other Sources. Part I. Trans. Linn. Soc. 2. Series. Vol. VII. Zoology. p. 35.

[3]) Revision of the Amphipoda of the L. M. B. C. District. Proc. and Trans. Liverpool Biol. Soc. Vol. IX. 1895. p. 302.

Brutplatten. Die beiden Männchen, ebenfalls aus dem März, maßen 4,5 und 5 mm. Das letztere ist jedenfalls voll entwickelt.

Es ist auffällig, daß wir *L. spinicarpa* (Abildgaard) nicht gefangen haben, die von Sars als für die Südküste Norwegens häufig und von Meinert von mehreren Stellen des Kattegat, zum Teil ganz nahe von unserer St 41, angeführt wird, während *L. Lilljeborgii* nur einmal von Kullaberg (Bohuslän) erwähnt ist, abgesehen von den folgenden weiter entfernten Orten: Kopervik, nordwestlich von Stavanger; die Shetland-Inseln; Ost- und Westküste von Schottland; Insel Man und Guernesey; die französische Westküste bis zum Golf von Biscaya und Neapel. Die Tiefenangaben liegen zwischen 0 und 110 m.

Fundorte von *Leucothoe Lilljeborgii:*
03 V. N 6; 03 III. St 19; 03 III. St 41; 03 III. St 49.

## Oediceridae.

Die Oediceridae bilden eine sehr scharf charakterisierte Familie. Eines der auffälligsten Merkmale ist die Lage der Augen, die so weit nach oben gerückt sind, daß sie in der dorsalen Mittellinie zusammenstoßen und daher von der Seite gesehen den Anschein erwecken, als sei nur ein einziges mediangelegenes Auge vorhanden. Nur bei einigen Formen mit schwach entwickelten Augen, wie *Oediceropsis brevicornis* Lilljeborg nehmen die Augen die gleiche Lage wie bei der Mehrzahl der übrigen Amphipoden ein. Weiter ist die starke Verlängerung der oberen Kopfecke nach vorn bemerkenswert. Die Augen liegen entweder am Grunde dieses Fortsatzes oder rücken in demselben nach vorn. Ein weiteres Kennzeichen, das auch dann, wenn diese beiden Merkmale versagen, wie dies beispielsweise bei der augenlosen *Aceros phyllonyx* (M. Sars) der Fall ist, bei allen Gliedern der Familie sich findet, ist die Größe des siebenten Beines. Dasselbe ist fast immer doppelt so lang als das sechste, und sein Endglied, das ja sonst meist zu einer Klaue ausgebildet ist, ist hier gerade gestreckt, ungefähr von derselben Länge wie das vorletzte Glied und wie dieses regelmäßig mit einer Anzahl Borsten besetzt.

Auch biologisch bildet die Familie eine einheitliche Gruppe, indem sämtliche Oediceridae in lockerem Boden, das heißt in feinem Sand oder im Schlick leben. In ganz flachem Wasser finden sie sich nur selten; ihre Hauptverbreitung haben sie in mittleren Tiefen von etwa 20 bis 30 m an; einzelne Arten sind aber auch bis zu Tiefen von mehr als 1000 m nachgewiesen. Im arktischen Gebiet spielen die Oediceriden durch ihre Massenentwickelung eine bedeutende Rolle im Stoffwechsel. Auch die Artenzahl ist dort eine recht große. In der Nordsee tritt ihre Bedeutung weniger hervor, einzelne Arten zeigen aber auch hier eine recht weite Verbreitung.

### 40. **Monoculodes carinatus** Sp. Bate.

Der Stirnfortsatz ist bei dieser Art stark gekrümmt und, von der Seite gesehen, liegen die Augen, welche reichlich doppelt so lang als hoch sind, dem Stirnrande mit ihrer ganzen oberen Kante an. Der Fortsatz des Carpalgliedes beim zweiten Gnathopodium ragt nach vorn noch ein wenig über die untere Kante der Hand vor. Die Beborstung der Pereiopoden, vor allem des dritten bis sechsten Beinpaares, ist eine sehr kräftige, während die Klauen derselben sehr kurz sind. Die volle Entwickelung der Antennen beim Männchen ist an der Beborstung hauptsächlich des fünften Stammgliedes der unteren Antenne zu erkennen. Dieses ist dann, wie Norman hervorhebt, an seiner oberen Kante mit ganz kurzen cilienartigen Borsten besetzt, die in dichten Querreihen stehen. Erst bei Tieren von 9 bis 10 mm Länge habe ich dieses Merkmal ausgebildet gefunden. Die Zahl der Geißelglieder betrug dann zwischen 67 und 75. Bei einem Männchen von 10,5 mm war dagegen das fünfte Stammglied noch so gestaltet, wie beim Weibchen, das heißt, es fanden sich 4 ringförmig angeordnete Bündel längerer Borsten. Die Zahl der Geißelglieder betrug bereits 60, mit Ausnahme der letzten 10 Glieder waren aber alle noch kürzer als breit. Bei kleineren, noch weniger entwickelten Männchen ist am Anfang der Geißel, ähnlich wie bei jungen *Bathyporeia,* eine Sprossungszone zu erkennen, die der Länge mehrerer Geißelglieder gleichkommt.

In der Nordsee ist *M. carinatus* an 4 Stationen gefangen, die alle vor der nordfriesischen und dänischen Küste in Tiefen von 25 bis 37 m liegen. Es fanden sich 7 Männchen und nur ein Weibchen, welches, im August erbeutet, zwar keine Eier trug, dessen stark entwickelte Brutplatten aber darauf hinzudeuten scheinen, daß die Jungen erst vor kurzem ausgeschlüpft waren.

An der skandinavischen Küste ist die Art von Apelvaer (Nordre-Trondhjem) bis nach Jaederen nachgewiesen, außerdem an der Küste von Bohuslän und im Kattegat. Weiter ist sie bekannt von den Shetland-Inseln, der schottischen Ost- und Westküste, von Northumberland, der Insel Man, der englischen Südküste, von Jersey und aus dem Südwesten von Irland. Dazu kommen noch die Südwestküste der Bretagne und Neapel. Die Tiefenangaben schwanken zwischen 4 und 64 m.

## 41. Perioculodes longimanus (Sp. Bate).

Der Bau der Augen ist bei *Perioculodes* sehr charakteristisch. Sie sind sehr groß und jedes von ihnen reicht von der oberen Stirnkante bis in den seitlichen Kopffortsatz hinein. Die Zahl der Einzelaugen ist dabei eine verhältnismäßig geringe (nach Sars nur ungefähr 12 auf jeder Seite). Das beim lebenden Tier äußerst lebhafte scharlachrote Pigment schwindet in Alkohol sehr schnell, und dann sind die Augen wegen der Größe und der damit zusammenhängenden schwachen Krümmung der Einzellinsen oft ziemlich schwer zu erkennen. Die beiden Gnathopoden sind einander sehr ähnlich. Das Carpale ist auch bei dem vorderen Paar in einen langen Fortsatz ausgezogen. Sars erwähnt, daß die beiden Äste des dritten Uropods unbewaffnet seien. An der Innenseite des Innenastes findet sich aber regelmäßig ungefähr in der Mitte eine kleine Borste, bei manchen Individuen kommen auch zwei vor.

Die Art wurde an 12 Stationen nachgewiesen, die sich auf das ganze Gebiet der Poseidonfahrten mit Ausnahme der tiefen Stellen im Skagerrak und in der norwegischen Rinne verteilen. Die Fundorte liegen von 15 bis 64 m Tiefe. Die Größe der eiertragenden Weibchen schwankt zwischen 3 und 5,5 mm; dieselben wurden zu allen Fangzeiten, nämlich im März, Juli, August und November, gefunden.

An der skandinavischen Küste findet sich *P. longimanus* von Ost-Finmarken bis zur Südküste Norwegens, im Kattegat südlich bis in den Samsöbelt. Des weiteren wird die Form angeführt von den großbritannischen Küsten und der Westküste Irlands, von Jersey und Guernesey, der französischen Nord- und Westküste, von Portugal und den Azoren. Auch im Mittelmeer ist sie an verschiedenen Stellen nachgewiesen. Die Tiefenverbreitung liegt nach den bisherigen Befunden zwischen 0 und 180 m.

## Kröyera Sp. Bate (1858, nec 1857).

Der Gattungsname *Kröyera* stammt aus dem Jahre 1857, in dem Bate die erste Art, *Kr. carinata*, beschrieb. 1858 kam dann die Art *Kr. arenaria* Sp. Bate hinzu. Im Katalog der Amphipoden des British Museum 1862 fügte Bate dann *Kr. carinata* dem älteren Genus *Monoculodes* Stimpson ein, behielt den Genusnamen *Kröyera* aber für *Kr. arenaria* bei. Stebbing verwirft nun im Challenger-Report den Gattungsnamen *Kröyera* als Synonym von *Monoculodes* zu gunsten des 1870 von Boeck geschaffenen Genus *Pontocrates*. Da aber bereits 1858 durch Hinzufügen von *Kr. arenaria* der Gattungsbegriff von *Kröyera* eine Erweiterung erfahren hat, so muß er wohl nach Ausscheidung von *Monoculodes carinatus* für die Gattungsgenossen der Art *arenaria* beibehalten werden. Daß der Name *Kröyera*, wie Boeck und nach ihm G. O. Sars hervorheben, aus dem Grunde zu verwerfen sei, weil bereits ein Genus *Kröyeria* van Beneden (ein parasitischer Isopod) vorhanden sei, wird weder von Stebbing noch von Della Valle anerkannt und wäre auch mit den internationalen Nomenklaturregeln nicht in Einklang zu bringen.

Das wichtigste Kennzeichen von *Kröyera* liegt in der Form der letzten Glieder des zweiten Gnathopodium. Die untere Kante der Hand desselben ist in einen Fortsatz ausgezogen, der ungefähr die gleiche Länge wie die Endklaue hat. Auf diese Weise kommt eine Schere zustande, deren Schneiden nach vorn gerichtet sind, während bei den übrigen Oediceriden die Klaue immer nach rückwärts gegen die untere Kante der Hand eingeschlagen ist. Weiter trägt bei *Kröyera* auch das Carpale einen dünnen Fortsatz, der an der unteren Kante der Hand entlang läuft und ebensoweit wie der Fortsatz der letzteren oder noch ein wenig weiter nach vorn reicht. Der basale Abschnitt des Carpale ist hierbei völlig mit der Hand verwachsen,

nur die Spitze des Fortsatzes bleibt frei. Sars trennt noch das Genus *Synchelidium* ab, bei dem die Verwachsung des Carpale mit der Hand an der Basis vollständig sein soll. Dieser Unterschied ist aber nur ein gradueller, denn eine Furche an der Verwachsungsstelle der beiden Glieder ist auch bei *Synchelidium* auf beiden Seiten vorhanden und bei den zu *Kröyera* gestellten Arten nur tiefer. Als wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Gattungen ist nur die Entwickelung der inneren Kauplatten der Mandibeln anzusehen, die bei *Kröyera* normal entwickelt sind, während sie bei *Synchelidium* nur eine sehr geringe Ausbildung zeigen oder richtiger gesagt, ganz fehlen und durch je einen spitzigen mit einer Borste besetzten Vorsprung vertreten sind.

### 42. Kröyera arenaria Sp. Bate. (Taf. V, Fig. 6—10.)

Die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale dieser Art von der sehr nahe verwandten *Kr. altamarina* Bate und Westwood sind in Beschreibung und Abbildung in den „British sessile-eyed Crustacea" dieser Autoren deutlich ausgesprochen, sodaß ein Erkennen der Art hiernach keine Schwierigkeiten bietet. G. O. Sars bezeichnet die vorliegende Art als *Pontocrates norvegicus* Boeck und führt als Synonym *P. arenarius* (Bate) an. Der letztere Name hat aber die Priorität. Das einfachste und zugleich wichtigste Kennzeichen findet sich bei den unteren Antennen, bei denen das fünfte Glied ungefähr dieselbe Länge als das vierte besitzt, jedenfalls nicht länger als dieses letztere ist. Bei der oberen Antenne ist das dritte Stammglied fast eben so lang als das zweite. Diese Eigenschaften gelten für beide Geschlechter, auch für die erwachsenen Männchen. Besonders hervorzuheben ist noch die kräftige Beborstung des dritten bis fünften Stammgliedes der unteren Antennen, die bei beiden Geschlechtern eine große Übereinstimmung in der reihenweisen Anordnung der Borsten zeigt. In Fig. 7 bis 10 sind die obere und untere Antenne beim erwachsenen Männchen und Weibchen dargestellt, in Fig. 12 bis 15 zum Vergleich dieselben Organe bei *Kr. altamarina*. Ein weiteres sicheres Merkmal findet sich in der Gestalt der letzten Glieder des zweiten Gnathopodenpaares. Der Fortsatz des Carpale ragt hier ziemlich weit über den unteren Ausläufer der Hand hervor und, was das wesentlichste ist, er verdickt sich an seinem distalen Ende merklich; der Ausläufer der Hand erscheint bei normaler Lage direkt in den entsprechenden Abschnitt des Carpalfortsatzes eingelagert. An der Klaue steht oberhalb der kräftig gekrümmten Spitze noch ein nach vorn gerichteter borstenförmiger Anhang, und zwischen diesem und der Spitze ist eine ganz feine Haut ausgespannt, die durch eine abgerundete Linie am distalen Ende abgegrenzt ist (Fig. 6). Die Beschreibung, die Hoek (l. c. p. 192) von *Pontocrates arenarius* gibt, weicht in betreff der beiden Antennen wesentlich von der Beschreibung und Abbildung von *Kr. arenaria* bei Bate und Westwood ab, stimmt aber ziemlich genau mit der von *Kr. altamarina* derselben Autoren überein. Die Abbildung des zweiten Gnathopodium bei Hoek (l. c. pl. IX Fig. 7) ist dagegen eher auf *Kr. arenaria* zu beziehen, wenngleich die distale Verdickung des carpalen Fortsatzes kaum angedeutet ist. Möglich, daß es sich um Exemplare von *Kr. altamarina* mit besonders langem Carpalfortsatz gehandelt hat; eine Identität mit *Kr. arenaria* Bate erscheint nach der eingehenden Beschreibung der Antennen ausgeschlossen.

Auf den Poseidon-Fahrten ist *Kr. arenaria* an 8 Stationen gefangen worden. Dieselben liegen zwischen 15 und 36 m Tiefe und finden sich mit einer Ausnahme (St 67 der Doggerbank, 19 m Tiefe) alle in Küstennähe vor den friesischen Inseln und der dänischen Westküste. Die Mehrzahl der Fänge wurde im Juli ausgeführt, und in diesem Monat fanden sich auch mehrere eiertragende Weibchen von 3,5 bis 7 mm Länge. Zwei im August gefundene Weibchen von 6,5 und 7,5 mm hatten keine Eier, ebenso ein solches von 2,5 mm vom November, das trotz der geringen Größe den Eindruck völliger Entwickelung macht.

Bei der Unsicherheit in der Synonymie von *Kr. arenaria* ist eine genaue Feststellung der bisherigen Fundorte nicht möglich, vor allem da *Kr. norvegica* bald als identisch mit *Kr. arenaria,* bald mit *Kr. altamarina* angegeben wird. Als sicher sind nur die Südküste Norwegens, die britische Ostküste bei Sunderland, Cumbrae an der schottischen Westküste und der Liverpooldistrikt (von Nord-Wales bis zur Insel Man) sowie Neapel zu verzeichnen. Die Tiefenangaben bewegen sich auf den angeführten Stationen zwischen 18 und 37 m, was ja fast genau mit den auf den Poseidon-Fahrten ermittelten Tiefen übereinstimmt. Für Hornsreff und das Kattegat (Meinert) und Borkum (Metzger) werden für *Kr. norvegica* noch flachere Stellen von 5,5 m aufgeführt.

### 43. Kröyera altamarina Bate und Westwood. (Taf. V, Fig. 11—15.)

Wie schon bei der vorigen Art erwähnt, sind die Längenverhältnisse in den Stammgliedern beider Antennen wichtig für die Erkennung der Arten, und sie sind auch bei *Kr. altamarina* unabhängig vom Alter (abgesehen vielleicht von ganz jungen noch unvollkommen entwickelten Tieren) und Geschlecht der einzelnen Individuen. Bei der oberen Antenne ist das zweite Glied nur halb so dick als das erste, aber ein wenig länger. Das dritte Glied ist noch nicht halb so lang als das zweite, während bei *Kr. arenaria* diese beiden Glieder ungefähr gleich lang sind. An der unteren Antenne zeichnet sich das fünfte Stammglied durch seine verhältnismäßige Länge aus, da es in dieser Dimension dem dritten und vierten Glied zusammengenommen gleichkommt (Fig. 12—15). Beim zweiten Gnathopodium ist hervorzuheben, daß der Fortsatz des Carpale nur wenig über den der Hand nach vorn reicht. Eine Verdickung am distalen Ende des Carpal-Fortsatzes ist nicht vorhanden, dafür ist die Spitze ziemlich stark nach der Scherenspitze zu gekrümmt. An der Spitze der Klaue ist über dem gekrümmten Endzahn eine schwache Borste zu erkennen, dieselbe ist aber nicht wie bei der vorigen Art, durch eine dünne Platte mit dem Zahn verbunden sondern steht ganz frei (Fig. 11). Die ganze Schere ist nicht so schlank wie bei *Kr. arenaria.*

Das bei Della Valle (l. c. Pl. 4, Fig. 1) abgebildete Männchen von *Kr. arenaria* ist nach der Form seiner unteren Antenne zu der vorliegenden Art zu rechnen, die auf Taf. 34 Fig. 19 abgebildete weibliche Antenne gehört dagegen zu der ersteren Art. Es ist hieraus mit Bestimmtheit anzunehmen, daß sowohl *Kr. arenaria* wie *Kr. altamarina* im Mittelmeer vorkommen. Ein Schwanken in den Längenverhältnissen der Antennenstammglieder, wie es Sparre Schneider[1]) annimmt, ist bei den beiden vorliegenden Arten nicht zu beobachten. Das konstante Zusammentreffen mehrerer scharf ausgeprägter Kennzeichen bei den beiden Geschlechtern setzt die Artverschiedenheit von *Kr. arenaria* und *Kr. altamarina* außer Zweifel, nach den von Schneider gegebenen Abbildungen (l. c. Taf. 1) ist aber *Kr. norvegica* mit keiner der beiden Arten identisch. In bezug auf die Antenne nähert sich diese Art *Kr. arenaria,* während die zweiten Gnathopoden eine gewisse Ähnlichkeit mit denen von *Kr. altamarina* zeigen. Viel eher erscheint mir eine Zugehörigkeit von *Kr. arctica* G. O. Sars zu der Boeck'schen *Kr. norvegica* wahrscheinlich, mit der Sars seine Art ja auch erst identifiziert hatte. Das bei Boeck[2]) auf Taf. XV, Fig. 7 als *Pontocrates norvegicus var.* abgebildete Tier gehört jedenfalls zu *Kr. altamarina.*

Die Art ist im Gebiet unserer Fahrten auf 3 verschiedenen Stationen viermal in je einem Exemplar erbeutet. Die Größe betrug 4,5 bis 5 mm, eiertragende Weibchen finden sich nicht, wohl aber ein erwachsenes Männchen. Im Gegensatz zu der vorigen Art liegen die Fundstellen in großem Abstand von den Küsten, die Tiefen liegen zwischen 44 und 102 m.

Als sichere Fundorte für *Kr. altamarina* sind zu nennen Skudesnaes, die Nähe der Shetland-Inseln, die französische Küste, als wahrscheinliche die holländische Küste und Neapel.

### 44. Synchelidium brevicarpum (Bate und Westwood).

Von Norman[3]) wird der Grube'sche Name *Kröyeria haplocheles* für die Art angewandt, da er in Neapel Exemplare fand, die mit dem an den britischen Küsten vorkommenden *S. brevicarpum* identisch waren. Die Grube'sche Beschreibung[4]) ist aber so ungenügend, daß aus ihr kaum die Zugehörigkeit der Art zu der Gattung *Synchelidium* mit Sicherheit geschlossen werden kann. Selbst wenn im adriatischen Meere dieselbe Art wieder aufgefunden wird, muß doch der Name von Bate und Westwood für dieselbe angewandt werden, da erst deren Beschreibung ein richtiges Erkennen der Art ermöglicht hat.

Die Schere hat eine große Ähnlichkeit mit der von *Kröyera altamarina,* nur daß sie etwas schlanker ist und die Verwachsung des Carpale mit der Hand, wie ja bei allen Arten von *Synchelidium,* weiter nach vorn, ungefähr bis zur Höhe der Einlenkungsstelle der Klaue, reicht. Sehr charakteristisch ist die Färbung,

[1]) Pontocrates norvegicus Boeck und Dexamine thea Boeck. Det Kong. Norske Videnskabers Selskabs Skrifter 1884. Trondhjem 1885.

[2]) De skandinaviske og arktiske Amphipoder, Christiania 1873—76.

[3]) A Month on the Trondhjem Fjord. Ann. and Mag. Nat. Hist. 6. Serie Vol. XV. London 1895 p. 486.

[4]) Die Insel Lussin und ihre Meeresfauna. Breslau 1864.

die, wie auch Sars hervorhebt, selbst bei Exemplaren welche lange Zeit in Alkohol aufbewahrt sind, erhalten bleibt. Das fünfte und sechste Segment, in geringerem Maße auch die 3 Metasom-Segmente, sind durch je eine dunkle Querbinde ausgezeichnet, die am Hinterrande der Segmente verläuft und sich in der dorsalen Mittellinie ein Stück nach vorn ausdehnt.

*S. brevicarpum* ist von uns nur an 2 Stellen, bei 36 und 64 m Tiefe gefunden worden. Ein im Juli gefangenes Weibchen von 4 mm Länge trug Eier zwischen den Brutplatten, ein solches von 4,5 mm vom März war ohne Eier. Die beiden Männchen maßen 4,5 und 5 mm.

An der skandinavischen Küste wird die Art vom Trondhjemfjord bis zur Südküste Norwègens erwähnt. Ferner findet sie sich im Kattegat, an der Ostküste Schottlands, bei Liverpool und der Insel Man, an der französischen Küste und im Mittelmeer bei Neapel, wahrscheinlich auch in der Adria.

## 45. Westwoodilla hyalina Sp. Bate. (Taf. V, Fig. 16—18.)

Nach Norman sind drei von Bate beschriebene Arten und zwar *Westwoodilla caecula, W. hyalina* und *Oediceros parvimanus* Bate und Westwood identisch. Aus den Originalexemplaren der letzteren Art hat Norman ferner die Übereinstimmung mit *Halimedon Mülleri* Boeck feststellen können. Da die Diagnose von *Westwoodilla* nun einen Irrtum enthält, indem das erste Gnathopodenpaar übersehen, das zweite als erstes und das vorderste Pereiopodenpaar als zweites Gnathopodenpaar beschrieben wurde, so haben Norman und G. O. Sars diesen Genusnamen fallen lassen und den von Boeck herrührenden Namen *Halimedon* an dessen Stelle gesetzt. Daß es sich bei *Westwoodilla caecula* und *W. hyalina* wirklich um Vertreter derselben Gattung handelt wie bei *Halimedon Mülleri,* schließt Norman aus der Darstellung des Mandibulartasters bei Bate und Westwood[1]). Die Gestalt dieses Organes ist so charakteristisch für das Genus *Halimedon* und kommt ähnlich nur noch bei der sonst ganz abweichend gebauten Oediceridengattung *Aceros* vor, sodaß an der Identität von *Westwoodilla* und *Halimedon* jedenfalls kein Zweifel bestehen kann. Nach den Angaben von Walker[2]) sind die Original-Exemplare von Bate nicht mehr vorhanden; da aber die Beschreibung und Abbildung derartig sind, daß trotz einzelner Irrtümer die Synonymie von *Westwoodilla* mit *Halimedon* angenommen werden muß, so ist nach den Regeln der Priorität der erstere Name wieder einzuführen.

Als Speciesnamen wählt Norman den von *Oediceros parvimanus,* da die beiden Namen *Westwoodilla caecula* und *W. hyalina* unter falschen Voraussetzungen gegeben seien. Sars verwirft alle drei von Bate herrührenden Namen und behält die Boeck'sche Bezeichnung *Halimedon Mülleri* bei. Hierzu möchte ich folgendes bemerken. Das charakteristischste Merkmal der Art bildet das vor dem Auge in eine abgesetzte Spitze auslaufende Rostrum. Dazu kommt die auffällige Größe des Auges, dessen obere Wölbung vollständig derjenigen der Stirn anliegt. Diese letztere Eigenschaft ist nun sowohl in Abbildung wie in Beschreibung von *W. hyalina* wie von *Oediceros parvimanus* hervorgehoben. In der Beschreibung von *W. caecula* ist dagegen besonders auf die abweichende Lage und Ausbildung des Auges mit folgenden Worten hingewiesen (l. c. p. 155): „The eye appears to stand upon a process of the head, between and above the superior antennae, but not to be in connection with the projected hood-like process. It is of a dull red-purple colour, but without a clearly-defined outline, a circumstance that has led to the selection of the specific name, as it has every appearance of being an imperfect organ of vision". Diese Beschreibung steht wie auch die zugehörige Abbildung in direktem Widerspruch mit den wirklichen Eigenschaften der Art, mit welcher Norman sie identifiziert. Es giebt nur wenige Oediceriden mit so deutlich und groß entwickelten Augen wie die letztere. Für eine Zusammenfassung könnte nur die Annahme herangezogen werden, daß das Exemplar, welches Bate und Westwood bei ihrer Beschreibung und Abbildung vorgelegen hat, mitten im Häutungsprozeß gestanden hätte, wodurch sich wenigstens die Angabe über die abweichende Lage des Auges erklären könnte. Bate und Westwood erwähnen aber (l. c. p. 157), daß ihnen außer dem Original-Exemplar später noch Exemplare aus dem Moray-Firth und von Banff zugegangen seien. Daß diese auch gerade in der Häutung begriffen gewesen sein sollten, ist aber doch höchst unwahrscheinlich,

[1]) A History of the British sessile-eyed Crustacea. Vol. I, p. 155, Fig. d.

[2]) The Amphipoda of Bate and Westwood's „British Sessile-eyed Crustacea". Ann. and Mag. Nat. Hist. Vol. XV. 6. Serie 1895, p. 466.

und so muß man wohl annehmen, daß Lage und mangelhafte Entwickelung der Augen für *W. caecula* charakteristisch waren, während *W. hyalina* dieselbe Art darstellt wie *Halimedon Mülleri*. Auch auf die Gefahr hin, daß *W. caecula* nicht mehr identifiziert werden kann, muß hiernach *W. hyalina* als Name für die vorliegende Art gelten, dem *Oediceros parvimanus* Bate und Westwood, *Halimedon Mülleri* Boeck und *Halimedon parvimanus* Norman synonym sind.

Die Sars'sche Abbildung weicht in bezug auf Lage und besonders Größe des Auges nicht unwesentlich von den mir vorliegenden zahlreichen Exemplaren ab. Da Sars *Halimedon Mülleri* aber als für die Süd- und Westküste Norwegens häufig angibt, so ist an der Identität mit der Form aus der freien Nordsee nicht zu zweifeln. Fig. 16 zeigt die Lage des Auges im Rostrum, wie sie für alle diese Exemplare typisch ist. Die Übereinstimmung mit den Abbildungen von Norman[1]) und Sparre Schneider[2]) ist hiernach eine sehr gute. Über die anderen Organe ist wenig zu sagen, nur in der Form des Carpale bei den beiden Gnathopodenpaaren finde ich eine geringe Abweichung von den Norman'schen Zeichnungen (l. c. Fig. 11 und 12). Die Ausbuchtung am Rande dieses Gliedes erscheint bei beiden Fußpaaren fast gleich, jedenfalls weiter vorspringend und auch beim zweiten Paare abgerundet (Fig. 17 und 18). Übrigens tragen, wie man sich bei starker Vergrößerung überzeugen kann, die genannten Erhebungen neben dem Besatz mit kräftigen an der Spitze schwach gesägten Borsten noch je einen schmalen Chitin-Saum, der wie ein Kamm in äußerst feine haarartige Fortsätze ausläuft (Fig. 18a). Die Länge des vierten Gliedes beträgt beim ersten Gnathopodium ungefähr das Doppelte von derjenigen des dritten Gliedes und unterscheidet sich von dem beim zweiten Gnathopodium nur durch den Mangel des spitzigen Fortsatzes, der durch eine stumpfe mit Borsten besetzte Hervorragung vertreten wird.

Im Gebiet der Poseidon-Fahrten ist *W. hyalina* an 11 verschiedenen Stationen aus Tiefen von 38 bis 102 m gefangen worden. Alle diese Stationen liegen in größerem Abstande von der Küste, und es ist jedenfalls bemerkenswert, daß die Art auch auf der Doggerbank selbst nicht nachgewiesen wurde, wohl aber mehrmals in direkter Nähe derselben an ihren nach tieferem Wasser zu abfallenden Rändern (St 19, 21, 64, 65), sowie in der auf ihrem nordöstlichen Ausläufer gelegenen etwas vertieften Mulde (N 2, 45 m Tiefe). Eiertragende Weibchen von 6 bis 9 mm Länge fanden sich im März, August und November, im Juli dagegen waren vier Weibchen von 6 und 7 mm ohne Eier.

Die Art ist an der ganzen norwegischen Küste verbreitet, nördlich von Trondhjem ist sie nach Sars jedoch nicht so häufig als im Süden. Im Norden ist noch Grönland zu erwähnen; im Skagerrak und im Kattegat ist sie nicht selten und ist hier bis zum Eingang des Öresund nachgewiesen. Ferner kommt sie bei den Shetland-Inseln, vor der Ost- und Westküste Schottlands und an der Küste von Durham vor. Die „Hirondelle" hat sie auf Station 85 vor der Westküste Frankreichs erbeutet. Die Tiefenangaben bewegen sich zwischen 20 und 400 m, doch liegen die meisten Fundorte erst unterhalb 40 m. Nur im Kattegat ist eine Stelle von 20 m erwähnt, aber auch hier kommt unsere Form meist in größeren Tiefen (bis 128 m) vor.

[1]) Ann. and Mag. Nat. Hist. Vol. III. 6. Serie 1889. Pl. XX Fig. 10.

[2]) Bidrag til en nöiere Karakteristik af de ved Norges kyster forekommende arter af familien Oediceridae. Tromsö Museums Aarshefter. VI. 1883. Pl. III. Fig. 17.

Tabelle 8.

**Die Fundorte der Oediceridae.**

| | *Monoculodes carinatus* | *Perioculodes longimanus* | *Kröyera arenaria* | *Kröyera altamarina* | *Synchelidium brevicarpum* | *Westwoodilla hyalina* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N 1 | — | 02 VIII. | — | — | — | |
| N 2 | — | — | — | 02 V. | — | 03 XI. |
| N 3 | — | — | — | — | — | 02 VIII. |
| N 4 | — | — | — | — | — | 02 XI. |
| N 5 | — | 02 XI. | — | 02 V., 03 XI. | 02 V. | — |
| N 6 | — | — | — | 02 VIII. | — | 02 VIII., 02 XI. |
| N 12 | 02 VIII. | — | — | — | — | — |
| N 14 | 02 XI. | — | 02 XI. | — | — | — |
| N 15 | 02 VIII. | — | 02 VIII. | — | — | — |
| St 7 | — | 03 III. | — | — | — | 03 III. |
| St 9 | — | — | — | — | — | 03 III. |
| St 16 | — | — | — | — | — | 03 III. |
| St 19 | — | 03 III. | — | — | — | 03 III. |
| St 21 | — | — | — | — | — | 03 III. |
| St 31 | 03 III. | — | — | — | — | — |
| St 57 | — | 03 VII. | 03 VII. | — | — | — |
| St 58 | — | 03 VII. | — | — | — | |
| St 59 | — | 03 VII. | 03 VII. | — | — | — |
| St 64 | — | 03 VII. | — | — | — | 03 VII. |
| St 65 | — | — | — | — | — | 03 VII. |
| St 67 | — | 03 VII. | 03 VII. | — | — | — |
| St 72 | — | 03 VII. | — | — | — | — |
| St 74 | — | 03 VII. | 03 VII. | — | 03 VII. | — |
| St 75 | — | — | 03 VII. | — | — | — |
| St 76 | — | — | 03 VII. | — | — | — |
| St 78 | — | 03 VII. | — | — | — | — |

# Paramphitoidae.

Ob diese Familie in der ihr von Sars gegebenen Begrenzung wird aufrecht erhalten werden können, erscheint zweifelhaft. Jedenfalls sind die Mundteile der einzelnen Genera recht verschieden gebaut; dem gegenüber sind die gemeinschaftlichen Merkmale, die Sars besonders hervorhebt, nämlich der schlanke Bau und die Länge der oberen Antennen sowie die Form des letzten Uropodenpaares von geringer Bedeutung, da diese selben Eigenschaften auch bei vielen anderen verwandten Formen vorkommen und in manchen scharf zu begrenzenden Familien oft selbst sehr schwankend sind. Die hierher gehörigen Arten leben vorzugsweise auf Hydroiden. In dem vom „Poseidon“ durchforschten Gebiet spielen sie eine sehr untergeordnete Rolle, sowohl in bezug auf Arten- wie auf Individuenzahl.

## 46. Paramphitoe bicuspis (Kröyer).

Nach der Auffassung von Sars müßten die von uns in der Nordsee gefundenen Exemplare zu *P. monocuspis* Sars gestellt werden, ich muß mich aber der Annahme von Walker[1]) anschließen, daß diese letztere Art nur die Jugendform von *P. bicuspis* darstellt. Exemplare, bei denen sich auf dem ersten Metasom-Segment ein Zahn von gleicher Größe wie auf dem zweiten Segment befindet, liegen mir überhaupt noch nicht vor, wohl aber eins, bei dem dieser Zahn ungefähr den dritten Teil der Länge desjenigen vom nächsten Segmente beträgt. Es stimmt das völlig mit den Angaben von Walker überein, nach dem die Größe des vorderen Zahnes von der Entwickelung des Tieres abhängig ist. Die jüngeren Exemplare von

[1]) Proc. and Trans. Liverpool Biol. Soc. Vol. IX. 1895 p. 303.

5—8 mm Länge zeigen noch keine Spur des vorderen Zahnes, erst bei solchen von 9 und 10 mm tritt er auf, wenn auch noch undeutlich.

Die Art ist auf unseren Fahrten nur zweimal, im Skagerrak und auf der Doggerbank bei 62 und 39 m Tiefe, gefangen, ist aber von Metzger auch für Helgoland und Sylt nachgewiesen. Es liegen 11 junge Weibchen von 5 bis 10 mm Länge vom Juli und August vor, sie waren sämtlich ohne Eier.

*P. bicuspis* scheint ihre Hauptverbreitung im arktischen Gebiet zu haben, wo sie bei Spitzbergen, Island, Grönland und Labrador aufgefunden ist. Außerdem kommt sie an der skandinavischen Küste in Finmarken, an der Westküste Norwegens und vor Bohuslän vor und geht im Kattegat bis in den großen und kleinen Belt hinein. Weiter ist sie an der schottischen und englischen Ostküste sowie im Norden von Wales und bei der Insel Man nachgewiesen. Das südlichste Vorkommen ist an der Küste der Bretagne. Die Tiefenverbreitung liegt zwischen 0 und 110 m.

## 47. Parapleustes glaber (Boeck).

Nach der Beschreibung von Sars ist diese Art sehr leicht zu erkennen und zwar, wie dieser Forscher auch besonders hervorhebt, hauptsächlich an der Form des ersten Stammgliedes der oberen Antenne, das an der unteren, hinteren Ecke einen spitzen Fortsatz trägt, und dann am Bau der Hand beider Gnathopoden. Diese ist sehr schmal, und in eingeschlagenem Zustande reicht die Spitze der Klaue ungefähr bis zur Mitte des unteren Randes der Hand. Bei den mir vorliegenden Exemplaren ist die hintere Kante der Basalglieder der letzten 3 Pereiopoden etwas gröber gezähnt als Sars dies abbildet.

In der Nordsee wurde *P. glaber* nur einmal im Skagerrak bei 62 m Tiefe im August gefangen. Es fanden sich 2 Weibchen von 3,5 und 6 mm Länge, beide ohne Eier.

Die Hauptverbreitung dieser Art liegt in der arktischen Region, wo sie von Spitzbergen, Island, Grönland, der Murmanküste und von Finmarken angeführt wird. Vereinzelte Fundorte werden noch von der Westküste Norwegens, vom Christianiafjord und im Kattegat südlich bis zum kleinen Belt erwähnt. Für Finmarken giebt Sars flaches Wasser an, Meinert hat sie im Kattegat von 2 bis 46 m Tiefe gefunden.

## 48. Parapleustes latipes (M. Sars). (Taf. V, Fig. 19.)

Von dem nahe verwandten *P. pulchellus* G. O. Sars unterscheidet sich diese Art in erster Linie durch den kräftigen Bau der Hand des zweiten Gnathopodium, deren obere und untere Kante ziemlich stark konvergieren. Die der Klaue zugekehrte Kante steht dabei fast senkrecht auf der unteren. Weiter ist die starke Flächenentwickelung des fünften bis siebenten Beinpaares hervorzuheben, bei denen vor allem das vierte und fünfte Glied verhältnismäßig breit sind. In betreff der Coxalplatten der beiden Gnathopoden weichen die wenigen mir vorliegenden Exemplare von der Sars'schen Beschreibung darin ab, daß jede derselben an der hinteren unteren Ecke ähnlich wie *P. pulchellus* einen schwach entwickelten Zahn besitzt, neben dem sich eine feine Borste findet (siehe Fig. 19).

Die beiden Stellen auf denen die Art gefangen wurde, liegen in der Mitte der Nordsee bei 87 und 90 m Tiefe. Die Tiere, junge Weibchen, messen 4,5 bis 9 mm.

Die Verbreitung von *P. latipes* erstreckt sich auf Grönland, die skandinavische Küste von Finmarken bis zum Christianiafjord, die Shetland-Inseln und die großbritannische Ostküste (von Banff bis Yorkshire). Als Tiefe gibt Sars 55 bis 183 m an.

Tabelle 9.

**Die Fundorte der Paramphitoidae.**

| | *Paramphitoe bicuspis* | *Parapleustes glaber* | *Parapleustes latipes* |
|---|---|---|---|
| N 4 | — | — | 02 XI. |
| N 11 | 02 VIII. | 02 VIII. | — |
| St 16 | — | — | 03 III. |
| St 70 | 03 VII. | — | - |

# Tafelerklärung.

## Tafel IV.

Fig. 1. *Menigrates obtusifrons* Boeck. Drittes Uropod, ♂. 40/1.
Fig. 2. *Bathyporeia norvegica* G. O. Sars. Epimerialplatte des dritten Metasom-Segmentes. ♀. 27/1.
Fig. 3. Desgl. Borste von derselben Platte. ♀. 260/1.
Fig. 4. Desgl. Epimerialplatte des dritten Metasom-Segmentes. ♂ adult. 27/1.
Fig. 5. Desgl. Borste von derselben Platte. ♂. 210/1.
Fig. 6. Desgl. Epimerialplatte des dritten Metasom-Segmentes. ♂ iuv. vor der letzten Häutung. 27/1.
Fig. 7. *Bathyporeia pelagica* Sp. Bate. Siebentes Bein. ♀. 27/1.
Fig. 8. Desgl. Epimerialplatte des dritten Metasom-Segmentes. ♀. 36/1.
Fig. 9. *Bathyporeia gracilis* G. O. Sars. Fünftes Bein. ♀. 27/1.
Fig. 10. Desgl. Siebentes Bein. ♀. 27/1.
Fig. 11. Desgl. Epimerialplatte des dritten Metasom-Segmentes. ♀. 36/1.
Fig. 12. Desgl. Dieselbe Platte. ♂ adult. 36/1.
Fig. 13. *Bathyporeia pilosa* Lindström von Cuxhaven. Fünftes Bein. ♀. 27/1.
Fig. 14. *Urothoe marina* Sp. Bate. Fünftes Bein. ♀. 35/1.
Fig. 15. Desgl. Sechstes Bein. ♀. 35/1.
Fig. 16. Desgl. Siebentes Bein. ♀. 35/1.
Fig. 17. *Urothoe poseidonis* n. sp. Obere Antenne. ♀. 53/1.
Fig. 18. Desgl. Untere Antenne. ♀. 53/1.
Fig. 19. Desgl. Fünftes Bein. ♀. 27/1.
Fig. 20. Desgl. Sechstes Bein. ♀. 27/1.
Fig. 21. Desgl. Siebentes Bein. ♀. 27/1.

## Tafel V.

Fig. 1. *Metopa quadrangula* n. sp. Kopf und Antennen. 40/1.
Fig. 2. Desgl. Erstes Gnathopodium. 80/1. 2a. Spitze der Klaue. circa 200/1.
Fig. 3. Desgl. Zweites Gnathopodium. 80/1.
Fig. 4. Desgl. Siebentes Bein. 53/1.
Fig. 5. *Leucothoe Lilljeborgii* Boeck. Epimerialplatten des zweiten und dritten Metasom-Segmentes. 53/1.
Fig. 6. *Kröyera arenaria* Sp. Bate. Zweites Gnathopodium. 80/1.
Fig. 7. Desgl. Obere Antenne. ♂ adult. 27/1.
Fig. 8. Desgl. „ „ ♀. 27/1.
Fig. 9. Desgl. Untere Antenne. ♂ adult. 27/1.
Fig. 10. Desgl. „ „ ♀. 27/1.
Fig. 11. *Kröyera altamarina* Bate und Westwood. Zweites Gnathopodium. 80/1.
Fig. 12. Desgl. Obere Antenne. ♂ adult. 27/1.
Fig. 13. Desgl. „ „ ♀. 27/1.
Fig. 14. Desgl. Untere Antenne. ♂ adult. 27/1.
Fig. 15. Desgl. „ „ ♀. 27/1.
Fig. 16. *Westwoodilla hyalina* Sp. Bate. Kopf. 50/1.
Fig. 17. Desgl. Erstes Gnathopodium. 50/1.
Fig. 18. Desgl. Zweites Gnathopodium. 50/1. 18a. Untere Ecke des Carpale. circa 200/1.
Fig. 19. *Parapleustes latipes* (M. Sars). Erstes und zweites Gnathopodium mit den zugehörigen Coxalplatten. ♀ iuv. 27/1.

8
1
13.
7
9
2.
10
11
5
4
3
6.
12.
14
15.
17.
16
18
19
20.
21.

# Beiträge

zur

# Kenntnis der Strömungen der westlichen Ostsee.

Von

R. Kohlmann

aus Wasserhorst bei Bremen.

Mit 2 Karten, 12 graphischen Darstellungen und 29 Tabellen.

# Einleitung.

## a. Allgemeines über die Ostsee.

Die Ostsee gehört zu den intrakontinentalen Mittelmeeren. Sie wird eingeteilt in: 1) Kattegat und Sund, 2) Beltsee, 3) eigentliche Ostsee, 4) Finnischer Busen, 5) Bottnischer Busen. Zur Beltsee rechnet man den Großen und Kleinen Belt, die Kieler Bucht, den Fehmarn-Belt, die Neustädter und die Mecklenburger Bucht. Die Grenze im Osten gegen die eigentliche Ostsee bildet die Darsser Schwelle. Die eigentliche Ostsee erstreckt sich von Seeland, Rügen und Möen bis zum Südende des Bottnischen Busens. In diesem Teil sind die ausgedehntesten Wasserflächen bei einer durchschnittlichen Tiefe von mehr als 50 m. Westlich und östlich von Gotland sind zwei sehr umfangreiche Einsenkungen von über 100 m Tiefe, die sich nördlich der Insel Gotska Sandö vereinigen und bis zum Eingang des Finnischen Busens fortsetzen. Innerhalb dieses Depressionsgebietes wurden östlich von Gotland unter 20° ö. L. 249 m, und etwa 60 km nordwestlich von der Insel Gotska Sandö 463 m Tiefe gemessen. Der Finnische Busen ist in der Mitte über 50 m und an der Grenze gegen die offene Ostsee 100 m tief. Die Landschwelle, welche von Stockholm nach der finnischen Küste hin verläuft, trennt die Depressionsgebiete der eigentlichen Ostsee von denen des Bottnischen Busens. Letzterer wird durch eine Untiefe, auf der die Inseln Holmö und Ängesö lagern, in einen nördlichen und südlichen Teil zergliedert, welche durch die flachen West- und Ost-Quarken miteinander in Verbindung stehen.

## b. Erläuterungen zu den Beobachtungen auf den Stationen „Adlergrund-Feuerschiff", „Fehmarn-Belt", „Stollergrund-Feuerschiff" und „Sonderburg".

Seit dem Sommer 1900 läßt die königlich preußische Ministerial-Kommission in Kiel täglich hydrographische und meteorologische Beobachtungen auf den Stationen „Adlergrund-Feuerschiff"[1]), „Stollergrund-Feuerschiff"[2]) und „Sonderburg" ausführen; auf den beiden erstgenannten sogar zweimal täglich, morgens und nachmittags. Die Beobachtungen in Sonderburg erfolgen von der Schiffsbrücke über den Alsensund aus. Seit April 1903 ist auch auf dem Feuerschiff „Fehmarn-Belt" (54° 35,8′ n. Br., 11° 9,1′ ö. L.) eine Beobachtungsstation.

Diese Art von Beobachtungen, von festen Punkten aus, hat vor denen von Schiffen auf der Fahrt den Vorzug, daß Fehler, die wohl bei Ortsbestimmungen vorkommen, gänzlich ausgeschlossen sind, und daß die Untersuchungen an derselben Stelle häufiger wiederholt werden können. Dies gilt namentlich von den Strömungen. Hierauf hat schon Dinklage[3]) in seinem Bericht über die Strom-Messungen auf dem Feuerschif „Adlergrund" hingewiesen, indem er schreibt: „Strombeobachtungen vermittelst geeigneter Instrumente, angestellt von einem festliegenden Feuerschiffe, ergeben natürlich sehr viel zuverlässigere Werte, als die, welche an Bord eines in Fahrt befindlichen Schiffes auf die gewöhnliche Weise, durch Vergleichung des nach der Loggerechnung erreichten Ortes mit dem nach astronomischen Beobachtungen wirklich erreichten, gewonnen worden sind, denn bei letzteren bleibt es sehr ungewiß, ob die regelmäßig sich ergebende Versetzung wirklich, und nur infolge der Strömung ist, oder ob auch

[1]) Position: 54° 48,5′ n. Br. und 14° 20,8′ ö. L.
[2]) Position: 54° 30,3′ n. Br. und 10° 17,3′ ö. L.
[3]) Annalen der Hydrographie, 1888, Seite 1—18.

andere Ursachen, z. B. ungenaues Steuern, Kompaß- und Loggefehler, unrichtige Schätzung der Abtrift, Fehler der astronomischen Beobachtungen usw. zu ihrer Entstehung mitgewirkt haben."

Für meine Arbeit wurde mir von Herrn Professor Krümmel ein umfangreiches handschriftliches Beobachtungsmaterial, das auf den genannten Stationen in einem Zeitraum von drei Jahren (von August 1900 bis Juli 1903) gesammelt wurde, gütigst zur Verfügung gestellt. Die Tabellen, in denen die Resultate der Messungen und Schätzungen von den Führern der Feuerschiffe vermerkt wurden, enthalten folgende Angaben: 1. Datum und Uhrzeit der Beobachtung, 2. Richtung und Stärke des Stroms, 3. Wasserwärme, 4. spezifisches Gewicht des Wassers, 5. Luftwärme, 6. Luftdruck, 7. Richtung und Stärke des Windes, 8. Bezeichnung des Wetters, 9. Bemerkungen über besondere Vorfälle.

Die Werte für die Luftwärme und den Luftdruck, sowie die Wetterangaben habe ich bei meiner Arbeit unberücksichtigt gelassen, dagegen aber die Tabellen durch Berechnung des Salzgehalts aus dem spezifischen Gewicht des Wassers und der zugehörigen Wasserwärme, nach den Tabellen von M. Knudsen vervollständigt.

Das spezifische Gewicht wird, wie ich noch hinzufügen muß, mit Aräometern von sogenanntem kleinen Satz mit Teilung in 0,0001 beobachtet. Die Instrumente, ebenso wie die Wasserthermometer, waren von Herrn Professor Krümmel mit den neuen Normalinstrumenten der Kieler Kommission verglichen. Die betreffenden Instrumentalkorrektionen sind von mir angebracht.

Die zahlreichen Beobachtungen gaben mir die Möglichkeit, zu untersuchen, in welchem Maße die Oberflächenströmungen in der Kieler Bucht von den herrschenden Winden beeinflußt werden.

### c. Bemerkungen zu den internationalen Terminfahrten im Ostseegebiet.

Im zweiten Teil der vorliegenden Arbeit will ich versuchen, die Kenntnisse über die Richtungen, Ausdehnungen und Geschwindigkeiten der Tiefenströmungen in der Ostsee zu erweitern, und zwar an der Hand sorgfältiger Beobachtungen, die seit Sommer 1902 im gesamten Ostseegebiet gemacht werden.

Seit August 1902 rüsten Deutschland, Dänemark, Schweden und Finnland Expeditionen aus zur Erforschung der Ostsee, welche jährlich in den Monaten August, November, Februar und Mai Fahrten innerhalb des Ostseegebiets unternehmen. Für jedes Land ist ein bestimmtes Gebiet für diese sogenannten Terminfahrten vorgeschrieben, in welchem hydrographische und meteorologische Beobachtungen gemacht werden. Deutschland erforscht den südlichen Teil der eigentlichen Ostsee und der Beltsee, Dänemark das Kattegat und die nördliche Beltsee, Schweden die nördliche eigentliche Ostsee, Finnland den Bottnischen und Finnischen Busen. Die Untersuchungen finden stets an denselben, geographisch bestimmten Punkten statt, für die man die Bezeichnung „Stationen" eingeführt hat. Deutschland hat in seinem Gebiet 13 solcher Stationen, Dänemark 35, Schweden 8, Finnland 43. Von den Expeditionsschiffen aus werden die Zustände in der Atmosphäre bestimmt, ferner die Temperatur und die Dichte des Wassers von der Oberfläche bis zum Boden (von oben nach unten in einem Abstande von 5 oder 10 m), der Gasgehalt des Wassers und das Plankton.

Das gesamte von den vier beteiligten Nationen gesammelte Material findet sich veröffentlicht in den: „Bulletins des résultats acquis pendant les courses périodiques." Sie erscheinen in Kopenhagen, dem Sitze des Zentralbureaus der internationalen Meeresforschungen.

---

## Erster Hauptteil.

## Verhältnis der Oberflächenströmungen in der Kieler Bucht zu den herrschenden Winden.

### a. Windverteilung bei den drei Stationen in den einzelnen Jahren und Jahreszeiten.

Zum besseren Verständnis für das später zu besprechende „Verhältnis der Oberflächenströmungen in der Kieler Bucht zu den Winden", schien es mir geeignet, zunächst auf die Windverteilung bei den drei Stationen genauer einzugehen.

Sämtliche Windrichtungen habe ich auf die vier Hauptrichtungen N, O, S, W reduziert; ihre Häufigkeit in den einzelnen Monaten ist in den folgenden Tabellen (I—III) angegeben.

Tabelle I: **Winde bei Station „Adlergrund-Feuerschiff".**

| Monat | Anzahl der Winde | | | | Monat | Anzahl der Winde | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N | O | S | W | | N | O | S | W |
| August 1900 | 4 | 8 | 3 | 4 | April 1902 | 4 | 14 | 3 | 7 |
| September „ | 6 | 2 | 5 | 15 | Mai „ | 8 | 4 | 6 | 12 |
| Oktober „ | 7 | 1 | 7 | 14 | Juni „ | 8 | 7 | 1 | 12 |
| November „ | 2 | 10 | 12 | 4 | Juli „ | 4 | 1 | 5 | 19 |
| Dezember „ | 6 | 2 | 4 | 16 | August „ | 6 | 2 | 6 | 15 |
| April 1901 | 5 | 8 | 6 | 9 | September „ | 8 | 4 | 6 | 10 |
| Mai „ | 7 | 12 | 2 | 7 | Oktober „ | 6 | 9 | 5 | 10 |
| Juni „ | 6 | 3 | 5 | 12 | November „ | 5 | 8 | 9 | 7 |
| Juli „ | 8 | 9 | 4 | 7 | Februar 1903 | 0 | 0 | 3 | 6 |
| August „ | 9 | 5 | 4 | 10 | März „ | 0 | 8 | 12 | 10 |
| September „ | 4 | 14 | 8 | 3 | April „ | 8 | 7 | 3 | 11 |
| Oktober „ | 5 | 7 | 8 | 9 | Mai „ | 6 | 7 | 4 | 9 |
| November „ | 13 | 1 | 1 | 13 | Juni „ | 10 | 7 | 4 | 6 |
| Dezember „ | 6 | 5 | 5 | 6 | Juli „ | 8 | 4 | 6 | 12 |

Tabelle II: **Winde bei Station „Stollergrund-Feuerschiff".**

| Monat | Anzahl der Winde | | | | Monat | Anzahl der Winde | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N | O | S | W | | N | O | S | W |
| August 1900 | 6 | 7 | 7 | 7 | Februar 1902 | 1 | 10 | 12 | 3 |
| September „ | 5 | 3 | 8 | 13 | März „ | 7 | 2 | 10 | 9 |
| Oktober „ | 4 | 2 | 9 | 14 | April „ | 3 | 12 | 7 | 6 |
| November „ | 2 | 10 | 14 | 4 | Mai „ | 9 | 5 | 7 | 10 |
| Dezember „ | 1 | 4 | 10 | 14 | Juni „ | 10 | 6 | 4 | 8 |
| Januar 1901 | 2 | 7 | 15 | 6 | Juli „ | 7 | 2 | 5 | 10 |
| Februar „ | 7 | 4 | 8 | 8 | August „ | 5 | 4 | 7 | 13 |
| März „ | 5 | 10 | 10 | 4 | September „ | 7 | 5 | 6 | 10 |
| April „ | 2 | 8 | 6 | 9 | Oktober „ | 3 | 7 | 11 | 8 |
| Mai „ | 5 | 12 | 4 | 5 | November „ | 3 | 8 | 15 | 4 |
| Juni „ | 7 | 4 | 6 | 11 | Dezember „ | 4 | 8 | 11 | 7 |
| Juli „ | 8 | 10 | 3 | 8 | Januar 1903 | 2 | 7 | 12 | 10 |
| August „ | 9 | 4 | 6 | 10 | Februar „ | 3 | 0 | 7 | 17 |
| September „ | 2 | 15 | 9 | 3 | März „ | 0 | 4 | 15 | 10 |
| Oktober „ | 5 | 6 | 10 | 7 | April „ | 8 | 5 | 5 | 10 |
| November „ | 8 | 2 | 6 | 12 | Mai „ | 6 | 9 | 8 | 6 |
| Dezember „ | 4 | 5 | 14 | 7 | Juni „ | 10 | 8 | 5 | 4 |
| Januar 1902 | 6 | 1 | 6 | 16 | Juli „ | 4 | 5 | 9 | 10 |

Tabelle III: **Winde bei Station „Sonderburg".**

| Monat | Anzahl der Winde | | | | Monat | Anzahl der Winde | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N | O | S | W | | N | O | S | W |
| August 1900 | 6 | 8 | 10 | 7 | Februar 1902 | 3 | 9 | 10 | 5 |
| September „ | 6 | 3 | 8 | 12 | März „ | 8 | 4 | 9 | 9 |
| Oktober „ | 4 | 2 | 8 | 16 | April „ | 6 | 11 | 8 | 5 |
| November „ | 1 | 13 | 14 | 3 | Mai „ | 8 | 6 | 7 | 9 |
| Dezember „ | 2 | 4 | 9 | 14 | Juni „ | 10 | 5 | 7 | 7 |
| Januar 1901 | 2 | 6 | 13 | 9 | Juli „ | 7 | 2 | 7 | 15 |
| Februar „ | 8 | 6 | 5 | 9 | August „ | 5 | 5 | 8 | 12 |
| März „ | 6 | 9 | 10 | 5 | September „ | 7 | 5 | 6 | 10 |
| April „ | 5 | 8 | 8 | 9 | Oktober „ | 4 | 8 | 9 | 9 |
| Mai „ | 7 | 9 | 7 | 7 | November „ | 3 | 10 | 13 | 4 |
| Juni „ | 7 | 3 | 9 | 8 | Dezember „ | 4 | 10 | 8 | 9 |
| Juli „ | 9 | 6 | 7 | 9 | Januar 1903 | 2 | 6 | 10 | 11 |
| August „ | 10 | 3 | 9 | 8 | Februar „ | 5 | 0 | 6 | 16 |
| September „ | 2 | 13 | 10 | 3 | März „ | 1 | 4 | 16 | 8 |
| Oktober „ | 5 | 7 | 10 | 8 | April „ | 9 | 6 | 6 | 8 |
| November „ | 9 | 2 | 6 | 12 | Mai „ | 4 | 9 | 10 | 8 |
| Dezember „ | 4 | 7 | 11 | 8 | Juni „ | 12 | 8 | 6 | 3 |
| Januar 1902 | 7 | 2 | 5 | 17 | Juli „ | 5 | 4 | 10 | 11 |

Um die Übersicht zu erleichtern, gebe ich in folgendem die Windverteilung in den einzelnen Jahren und Jahreszeiten an.

### *α.* Station „Adlergrund-Feuerschiff".

Aus der Tabelle I (Seite 193) ergibt sich folgendes:

Tabelle Ia: Windverteilung bei Station „Adlergrund-Feuerschiff" in den einzelnen Jahren.

| Zeit | 1900 (von August bis Dezember) | | | | 1901 (von April bis Dezember) | | | | 1902 (von April bis November) | | | | 1903 (von Februar bis Juli) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wind | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W |
| Anzahl der Fälle | 25 | 23 | 31 | 53 | 62 | 63 | 43 | 76 | 49 | 51 | 41 | 92 | 32 | 33 | 32 | 54 |
| % | 19 | 17 | 24 | 40 | 25 | 26 | 18 | 31 | 21 | 22 | 18 | 39 | 21 | 22 | 21 | 36 |

Summieren wir sämtliche Fälle der 28 Monate, so erhalten wir folgendes Bild:

| Wind | N | O | S | W |
|---|---|---|---|---|
| Anzahl der Fälle | 168 | 170 | 147 | 275 |
| % | 22 | 22 | 20 | 36 |

In allen Jahren herrschen W-Winde vor; die übrigen Winde treten durchschnittlich mit gleicher Relativzahl auf. Diese gleichmäßige Windverteilung läßt auf dieselben cyklonalen Anordnungen in allen Jahren schließen. Doch davon später.

In den einzelnen Jahreszeiten [1]) ist folgende Windverteilung:

Tabelle Ib: Windverteilung bei Station „Adlergrund-Feuerschiff“ in den einzelnen Jahreszeiten.

| Zeit | September, Oktober, November 1900 | | | | April, Mai 1901 | | | | Juni, Juli, August 1901 | | | | September, Oktober, November 1901 | | | | April, Mai 1902 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wind | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W |
| Anzahl der Fälle | 15 | 13 | 24 | 33 | 22 | 20 | 8 | 16 | 23 | 17 | 13 | 29 | 22 | 22 | 17 | 25 | 12 | 18 | 9 | 19 |
| % | 18 | 15 | 28 | 39 | 21 | 36 | 14 | 29 | 28 | 21 | 16 | 35 | 26 | 26 | 19 | 29 | 21 | 31 | 15 | 33 |

| Zeit | Juni, Juli, August 1902 | | | | September, Oktober, November 1902 | | | | März, April, Mai 1903 | | | | Juni, Juli 1903 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wind | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W |
| Anzahl der Fälle | 18 | 10 | 13 | 46 | 19 | 21 | 20 | 27 | 14 | 22 | 19 | 30 | 18 | 11 | 10 | 18 |
| % | 20 | 12 | 15 | 53 | 22 | 24 | 23 | 31 | 16 | 26 | 23 | 35 | 31 | 20 | 18 | 31 |

Das Maximum an Fällen erreichen die N-Winde im Sommer 1901, das Minimum im Frühling 1902. Durchschnittlich wehen sie im Sommer am häufigsten, im Frühling am seltesten.

Im Herbst 1901 und Frühjahr 1903 treten die O-Winde am häufigsten auf, im Sommer 1902 am seltesten. Durchschnittlich wehen im Frühling die meisten O-Winde, im Sommer die wenigsten.

Die Häufigkeit der S-Winde ist im Herbst 1900 am größten, im Frühling 1901 am geringsten. Durchschnittlich sind im Herbst die meisten, im Frühling die wenigsten S-Winde konstatiert.

Im Sommer 1902 erreichen die W-Winde das Maximum an Fällen, im Frühling 1901 das Minimum. Durchschnittlich wehen im Sommer die meisten W-Winde, im Frühjahr die wenigsten.

Außer W-Winden, die fast in allen Jahreszeiten vorherrschen, wehen im Frühling am häufigsten O-Winde, im Sommer N-Winde und im Herbst S-Winde.

### β. Station „Stollergrund-Feuerschiff“.

Aus der Tabelle II (Seite 193) lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

Tabelle IIa: Die Windverteilung bei Station „Stollergrund-Feuerschiff“ in den einzelnen Jahren.

| Zeit | 1900 (von August bis Dezember) | | | | 1901 (von Januar bis Dezember) | | | | 1902 (von Januar bis Dezember) | | | | 1903 (von Januar bis Juli) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wind | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W |
| Anzahl der Fälle | 18 | 26 | 48 | 52 | 64 | 87 | 97 | 90 | 65 | 85 | 101 | 104 | 33 | 38 | 61 | 67 |
| % | 13 | 18 | 34 | 35 | 19 | 26 | 29 | 26 | 18 | 24 | 29 | 29 | 16 | 19 | 31 | 34 |

Die Summe sämtlicher Fälle von August 1900 bis Juli 1903, also von 36 Monaten, beträgt:

| Wind | N | O | S | W |
|---|---|---|---|---|
| Anzahl der Fälle | 180 | 236 | 307 | 313 |
| % | 17 | 23 | 30 | 30 |

W- und S-Winde sind in allen Jahren vorherrschend, N-Winde am seltesten.

Wie bei Station „Adlergrund-Feuerschiff“, werde ich auch hier die Windverteilung in den einzelnen Jahreszeiten anführen:

[1]) In den fehlenden Monaten war das Feuerschiff nicht ausgelegt.

Tabelle IIb: Windverteilung bei Station „Stollergrund-Feuerschiff“ in den einzelnen Jahreszeiten.

| Zeit | September, Oktober, November 1900 | | | | Dezember, Januar, Februar 1901 | | | | März, April, Mai 1901 | | | | Juni, Juli, August 1901 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wind | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W |
| Anzahl der Fälle | 11 | 15 | 31 | 31 | 10 | 15 | 33 | 28 | 12 | 30 | 20 | 18 | 24 | 18 | 15 | 29 |
| % | 13 | 17 | 35 | 35 | 12 | 18 | 37 | 33 | 15 | 38 | 25 | 22 | 28 | 21 | 17 | 34 |

| Zeit | September, Oktober, November 1901 | | | | Dezember, Januar, Februar 1902 | | | | März, April, Mai 1902 | | | | Juni, Juli, August 1902 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wind | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W |
| Anzahl der Fälle | 15 | 23 | 25 | 22 | 11 | 16 | 22 | 26 | 19 | 19 | 24 | 25 | 22 | 12 | 16 | 31 |
| % | 18 | 27 | 29 | 26 | 15 | 21 | 29 | 35 | 22 | 22 | 27 | 29 | 27 | 15 | 20 | 38 |

| Zeit | September, Oktober, November 1902 | | | | Dezember, Januar, Februar 1903 | | | | März, April, Mai 1903 | | | | Juni, Juli 1903 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wind | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W |
| Anzahl der Fälle | 13 | 20 | 32 | 22 | 9 | 15 | 30 | 34 | 14 | 18 | 28 | 26 | 14 | 13 | 14 | 14 |
| % | 15 | 23 | 36 | 26 | 10 | 18 | 34 | 38 | 17 | 21 | 32 | 30 | 25 | 25 | 25 | 25 |

Die Häufigkeit der N-Winde ist im Sommer 1901 am größten, im Winter 1902/03 am geringsten. Durchschnittlich wehen die meisten N-Winde im Sommer, die wenigsten im Winter.

Das Maximum an Fällen erreichen die O-Winde im Frühling 1901, das Minimum im Sommer 1902. Durchschnittlich wehen sie im Frühling am häufigsten, im Sommer am seltesten.

Im Winter 1900/01 ist die Anzahl der S-Winde am größten, im Sommer 1902 (Sommer 1903 nicht mitgerechnet, weil August fehlt) am geringsten. Durchschnittlich treten die S-Winde am meisten im Herbst, am wenigsten im Sommer auf.

Die W-Winde wehen im Winter 1902/03 am häufigsten, im Frühling 1901 am seltesten (Sommer 1903 nicht mitgerechnet). Durchschnittlich erreichen die W-Winde im Winter die größte Anzahl von Fällen, im Frühjahr die geringste.

W- und S-Winde herrschen fast in allen Monaten vor. Im Frühjahr tritt der N-Wind gegenüber den andern Winden stark zurück. Im Sommer sind W- und N-Winde am häufigsten vertreten. Im Herbst tritt der S-Wind an die Spitze; der N-Wind tritt wieder, wie im Frühling, sehr zurück. Im Winter wehen W- und S-Winde mit gleicher Häufigkeit; die Anzahl ihrer Fälle ist bedeutend größer als diejenige der O- und N-Winde.

### γ. Station „Sonderburg“.

Aus der Tabelle III (Seite 194) lassen sich folgende Resultate gewinnen:

Tabelle IIIa: Windrichtungen bei Station „Sonderburg“ in den einzelnen Jahren.

| Zeit | 1900 (von August bis Dezember) | | | | 1901 (von Januar bis Dezember) | | | | 1902 (von Januar bis Dezember) | | | | 1903 (von Januar bis Juli) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wind | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W |
| Anzahl der Fälle | 19 | 30 | 49 | 52 | 74 | 79 | 105 | 95 | 72 | 77 | 99 | 111 | 38 | 37 | 64 | 65 |
| % | 13 | 20 | 33 | 34 | 21 | 22 | 30 | 27 | 20 | 21 | 28 | 31 | 19 | 18 | 31 | 32 |

Die Summe sämtlicher Fälle von 36 Monaten ergibt:

| Wind | N | O | S | W |
|---|---|---|---|---|
| Anzahl der Fälle | 203 | 223 | 317 | 323 |
| % | 19 | 21 | 30 | 30 |

In allen Jahren treten W- und S-Winde am häufigsten auf.

Windverteilung in den einzelnen Jahreszeiten:

Tabelle IIIb: Windverteilung bei Station „Sonderburg“ in den einzelnen Jahreszeiten.

| Zeit | September, Oktober, November 1900 | | | | Dezember, Januar, Februar 1901 | | | | März, April, Mai 1901 | | | | Juni, Juli, August 1901 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wind | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W |
| Anzahl der Fälle | 11 | 18 | 30 | 31 | 12 | 16 | 27 | 32 | 18 | 26 | 25 | 21 | 26 | 12 | 25 | 25 |
| % | 12 | 20 | 33 | 35 | 14 | 18 | 31 | 37 | 20 | 29 | 28 | 23 | 30 | 14 | 28 | 28 |

| Zeit | September, Oktober, November 1901 | | | | Dezember, Januar, Februar 1902 | | | | März, April, Mai 1902 | | | | Juni, Juli, August 1902 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wind | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W |
| Anzahl der Fälle | 16 | 22 | 26 | 23 | 14 | 18 | 26 | 30 | 22 | 21 | 24 | 23 | 22 | 12 | 22 | 34 |
| % | 18 | 25 | 30 | 27 | 16 | 20 | 30 | 34 | 24 | 24 | 26 | 26 | 24 | 14 | 24 | 38 |

| Zeit | September, Oktober, November 1902 | | | | Dezember, Januar, Februar 1903 | | | | März, April, Mai 1903 | | | | Juni, Juli 1903 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wind | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W | N | O | S | W |
| Anzahl der Fälle | 14 | 23 | 28 | 23 | 11 | 16 | 24 | 36 | 14 | 19 | 32 | 24 | 17 | 12 | 16 | 14 |
| % | 16 | 26 | 32 | 26 | 12 | 19 | 28 | 41 | 16 | 21 | 36 | 27 | 28 | 20 | 28 | 24 |

Im Sommer 1901 ist die Anzahl der N-Winde am größten, im Herbst 1900 und Winter 1902/03 am kleinsten. Durchschnittlich wehen die meisten N-Winde im Sommer, die wenigsten im Winter.

Die Häufigkeit der O-Winde ist im Frühling 1901 am größten, im Sommer 1901 und 1902 (Sommer 1903 nicht mitgerechnet, weil August fehlt) am geringsten. Durchschnittlich tritt der O-Wind im Frühling am meisten, im Sommer am seltesten auf.

Die S-Winde erreichen im Frühling 1903 die größte Anzahl von Fällen, im Sommer 1902 (Sommer 1903 nicht mitgerechnet) die kleinste. Durchschnittlich wehen sie im Herbst am häufigsten, im Sommer am seltesten.

Im Winter 1902/03 ist die Anzahl der W-Winde am größten, im Frühling 1901 (Sommer 1903 nicht mitgerechnet) am geringsten. Durchschnittlich treten die W-Winde im Winter am meisten, im Frühling am wenigsten auf.

In allen Jahreszeiten herrschen W- und S-Winde vor. Während der Frühlingsmonate wehen S-Winde am häufigsten. Im Sommer sind die W-Winde am meisten vertreten, die O-Winde am wenigsten. Im Herbst sind W- und S-Winde die herrschenden Winde, N-Wind tritt am stärksten zurück; ebenso im Winter.

## b. Erklärung der Windverhältnisse.

Die Windverhältnisse bei den drei Stationen „Adlergrund-Feuerschiff“, „Stollergrund-Feuerschiff“ und „Sonderburg“ weichen in ihrem Grundtypus nur wenig von einander ab. Diese Tatsache mag z. T. auf der geringen Entfernung der Beobachtungspunkte beruhen; der Hauptgrund wird jedoch in dem Einfluß zu suchen sein, den die große nordatlantische Depression südlich von Island auf die Windrichtungen in Nordwest- und Mittel-Europa ausübt. Dies Minimum des Luftdrucks nimmt namentlich im Nordwinter an Umfang zu, und versorgt Europa mit feuchten W- und SW-Winden; im Nordsommer verschwindet es fast ganz, und Nord- und Mitteleuropa werden von schwächeren W-Winden der nordatlantischen Anticyklone bestrichen. Das Überwiegen der W-Winde auf allen drei Stationen, und durchweg in allen Jahreszeiten, wäre hiermit erklärt.

Im Frühling ist an den deutschen Küsten die Luftdruckverteilung ziemlich gleichmäßig, infolgedessen wehen die Winde durchschnittlich aus allen Richtungen mit gleicher Häufigkeit. Die östlichen

Winde erreichen in diesem Quartal das Maximum der Fälle; der Grund liegt jedenfalls in dem Unterschied zwischen der schweren Luft über dem noch kalten östlichen Europa und der leichteren, wärmeren über dem Mittelmeer.

In den Sommermonaten haben bei „Adlergrund-Feuerschiff“ und „Stollergrund-Feuerschiff“ nördliche Winde die Oberhand. In dieser Jahreszeit haben die Isobaren in Deutschland, je weiter nach Osten, eine um so stärkere Ausbiegung nach SO[1]), was mit der starken Erwärmung der Luftschichten über Rußland zusammenhängt. Hierdurch werden nördliche Winde hervorgerufen. Bei Sonderburg verlaufen die Isobaren von W nach O, und deshalb treten hier selbst im Sommer N-Winde nicht stark hervor. Östliche Winde erreichen in diesem Quartal infolge der oben angeführten Luftdruckverhältnisse das Minimum der Häufigkeit.

Im Herbst macht schon die Isländische Depression ihren Einfluß auf die Luftströmungen geltend; infolgedessen herrschen S-Winde vor.

Das häufige Auftreten der W- und S-Winde im Winter ist ebenfalls auf die nordatlantische Cyklone zurückzuführen, die in dieser Jahreszeit das ganze Gebiet des Atlantischen Ozeans nördlich vom 40. Parallelkreis beherrscht.

## c. Einfluß der Winde auf die Oberflächenströmungen in der Kieler Bucht.

Es ist mit einigen Schwierigkeiten verbunden, den Einfluß der Winde auf die Oberflächenströmungen bei kleinen, zwischen Kontinente geschobenen Meeresräumen zu ermitteln. Erstens hat der Wind hier eine kleinere Wirkungssphäre als in den offenen Ozeanen, wo er seine Kraft auf ausgedehntere Flächen wirken lassen kann; zweitens wird der Salzgehalt einerseits durch starkes Verdunsten, andrerseits durch Aussüßen des Wassers gegenüber den Ozeanen derartig anormal, daß sich unabhängig von den Bewegungen in der Atmosphäre Konvektionsströme bilden; und drittens endlich treten dort, wo das Meer in das Land eingreift (z. B. in Buchten) häufig Kompensations- und Gegenströme auf. Um trotzdem in kleinen abgeschlossenen Becken die Abhängigkeit der Strömungen von den herrschenden Winden erkennen zu können, ist ein sehr umfangreiches Beobachtungsmaterial erforderlich.

Bei Behandlung der Ostsee wird dieser Nachweis insofern erleichtert, als die Gezeitenströmungen wegen ihrer Geringfügigkeit nicht berücksichtigt zu werden brauchen.

### *a.* Unterscheidung von konkordanten und diskordanten Fällen.

Im folgenden werde ich angeben, wie oft der Strom mit dem herrschenden Winde gleichgerichtet und entgegengesetzt gerichtet war, und ich werde dabei die ersteren als konkordante und die zweiten als diskordante Fälle bezeichnen.

Abkürzungen:

konk. = konkordante Fälle.
disk. = diskordante Fälle.
% disk. = Prozentangabe der diskordanten Fälle.

Tabelle IV: **Diskordante und konkordante Fälle bei Station „Stollergrund-Feuerschiff“.**

| Monat | disk. | konk. | % disk. | | Monat | disk. | konk. | % disk. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1900 August | 10 | 16 | 40 | | 1901 März | 12 | 17 | 41 | |
| „ September | 17 | 13 | 57 | | „ April | 4 | 21 | 16 | Frühling 34 % disk. |
| „ Oktober | 17 | 12 | 59 | Herbst 48 % disk. | „ Mai | 12 | 15 | 44 | |
| „ November | 8 | 20 | 28 | | „ Juni | 15 | 13 | 54 | |
| „ Dezember | 8 | 22 | 27 | | „ Juli | 17 | 12 | 59 | Sommer 51 % disk. |
| 1901 Januar | 9 | 19 | 32 | Winter 25 % disk. | „ August | 12 | 17 | 41 | |
| „ Februar | 4 | 21 | 16 | | | | | | |

[1]) J. van Bebber: „Beiträge zur Kenntnis der Windverhältnisse an der deutschen Küste“. Archiv der Seewarte. 23. Jahrg. 1890.

| Monat | disk. | konk. | % disk. | | Monat | disk. | konk. | % disk | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1901 September | 13 | 17 | 43 | | 1902 September | 17 | 12 | 59 | |
| „ Oktober | 14 | 12 | 54 | Herbst 47% disk. | „ Oktober | 12 | 15 | 44 | Herbst 45% disk. |
| „ November | 11 | 14 | 44 | | „ November | 8 | 18 | 31 | |
| „ Dezember | 12 | 17 | 40 | | „ Dezember | 8 | 20 | 29 | |
| 1902 Januar | 5 | 24 | 17 | Winter 28% disk. | 1903 Januar | 10 | 18 | 36 | Winter 27% disk. |
| „ Februar | 5 | 14 | 26 | | „ Februar | 4 | 21 | 16 | |
| „ März | 13 | 12 | 52 | | „ März | 9 | 16 | 36 | |
| „ April | 7 | 15 | 32 | Frühling 35% disk. | „ April | 9 | 15 | 37 | Frühling 35% disk. |
| „ Mai | 4 | 14 | 22 | | „ Mai | 8 | 17 | 32 | |
| „ Juni | — | — | — | | „ Juni | 11 | 13 | 46 | Sommer 51% disk. |
| „ Juli | 3 | 20 | 13 | Sommer 38% disk. | „ Juli | 13 | 10 | 56 | |
| „ August | 14 | 8 | 64 | | | | | | |

Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß bei Station „Stollergrund-Feuerschiff“ die Prozentangaben von diskordanten Fällen im Sommer am größten sind; es folgen dann der Herbst, Frühling und Winter. Im Februar richtet sich der Strom am meisten nach der Richtung der herrschenden Winde, im September am wenigsten. In der Zeit vom Juni bis Oktober (einschl.) halten sich die konkordanten und diskordanten Fälle ziemlich das Gleichgewicht, im Frühling verhalten sie sich zu einander wie 2 : 1, im Winter wie 3 : 1.

Das Verhältnis der diskordanten Fälle zu einander während der einzelnen Jahreszeiten wird durch folgende Proportion ausgedrückt:

Sommer : Herbst : Frühling : Winter = 6 : 6 : 4 : 3.

Tabelle V: **Diskordante und konkordante Fälle bei Station „Sonderburg“.**

| Monat | disk. | konk. | % disk. | | Monat | disk. | konk. | % disk. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1900 August | 13 | 18 | 42 | | 1902 März | 9 | 22 | 29 | |
| „ September | 9 | 20 | 31 | | „ April | 3 | 27 | 10 | Frühling 21% disk. |
| „ Oktober | 13 | 18 | 42 | Herbst 33% disk. | „ Mai | 7 | 23 | 23 | |
| „ November | 7 | 19 | 27 | | „ Juni | 6 | 24 | 20 | |
| „ Dezember | 7 | 22 | 24 | | „ Juli | 10 | 19 | 34 | Sommer 35% disk. |
| 1901 Januar | 7 | 22 | 24 | Winter 27% disk. | „ August | 11 | 20 | 52 | |
| „ Februar | 8 | 17 | 32 | | „ September | 5 | 22 | 19 | |
| „ März | 10 | 19 | 34 | | „ Oktober | 7 | 20 | 26 | Herbst 23% disk. |
| „ April | 13 | 16 | 45 | Frühling 30% disk. | „ November | 7 | 22 | 24 | |
| „ Mai | 3 | 27 | 10 | | „ Dezember | 7 | 23 | 23 | |
| „ Juni | 7 | 21 | 25 | | 1903 Januar | 5 | 24 | 16 | Winter 24% disk. |
| „ Juli | 8 | 22 | 27 | Sommer 27% disk. | „ Februar | 9 | 19 | 32 | |
| „ August | 9 | 21 | 30 | | „ März | 11 | 18 | 40 | |
| „ September | 8 | 21 | 28 | | „ April | 5 | 23 | 16 | Frühling 26% disk. |
| „ Oktober | 15 | 15 | 50 | Herbst 39% disk. | „ Mai | 7 | 23 | 23 | |
| „ November | 12 | 18 | 40 | | „ Juni | 8 | 21 | 17 | Sommer 28% disk. |
| „ Dezember | 12 | 18 | 40 | | „ Juli | 12 | 18 | 40 | |
| 1902 Januar | 6 | 23 | 21 | Winter 33% disk. | | | | | |
| „ Februar | 10 | 17 | 37 | | | | | | |

Der Unterschied zwischen den einzelnen Jahreszeiten in bezug auf die Prozentangaben der diskordanten Fälle tritt bei Station „Sonderburg“ nicht so deutlich hervor, wie bei Station „Stollergrund-Feuerschiff“. Im allgemeinen verhalten sich die konkordanten Fälle zu den diskordanten wie 2 : 1 oder 3 : 1. Die diskordanten Fälle sind bei Sonderburg nicht so häufig wie bei Stollergrund, wo sie mehrere Male die konkordanten weit an Anzahl übertreffen, so z. B. im August 1902. Im Frühling 1902 sind die Stromverhältnisse am regelmäßigsten, im Herbst 1901 am unregelmäßigsten. Durchschnittlich sind in den Herbst- und Sommermonaten die meisten diskordanten Fälle, im Frühling und Winter die wenigsten; das Verhältnis wird durch folgende Proportion ausgedrückt:

Herbst : Sommer : Winter : Frühling = 8 : 8 : 7 : 6.

### β. Ursachen der diskordanten Fälle im einzelnen.

An der Mündung kontinentaler Meeresräume in die offnen Ozeane, oder in solche Meere, welche den Kontinenten angelagert und nur durch Inselketten von den selbständigen Meeresteilen getrennt sind, bilden sich Ströme, die einen Ausgleich zwischem dem normalen ozeanischen Wasser und dem anormalen der kontinentalen Meere herstellen. So fließt z. B. in der Straße von Gibraltar an der Oberfläche Wasser des atlantischen Ozeans in das Mittelmeer herein, in der Tiefe bewegen sich schwere, salzige Schichten in umgekehrter Richtung. Zwischen Ostsee und Nordsee finden in ähnlicher Weise Ströme statt infolge der verschiedenen Salzmengen. Das ausgesüßte Ostseewasser drängt nach Westen, und unten am Boden dringt salziges Nordseewasser ein; man spricht von einem auslaufenden Strom, dem „Ostseestrom“ im ersten Falle, von einem einfließenden oder „Nordseestrom“ im zweiten. Hier interessiert uns nur der auslaufende Oberflächenstrom, weil er Veranlassung zu den eben besprochenen diskordanten Fällen geben kann.

Wenn nämlich das Wasser mit solcher Kraft nach Westen gedrängt wird, daß die Winde aus Westen, Norden, oder Süden auf den Strom nicht einzuwirken vermögen, treten Erscheinungen ein, die der allgemeinen Regel vom Verhältnis der Ströme und Winde widersprechen. Es kommt also auf die Stärke des auslaufenden Stromes an. Wodurch wird sie bedingt? Sie ist abhängig von dem Salzgehalt des Wassers, und zwar von dem Unterschied zwischen dem der Nordsee und demjenigen der Ostsee. Denn wie in der Atmosphäre die Bewegungen um so stärker werden, je mehr die Barometerstände benachbarter Gebiete von einander abweichen, um so mehr gewinnt auch eine Strömung an Intensität, je größer die Differenz der spezifischen Gewichte zweier neben einander liegenden Meeresräume ist.

Um demnach eine richtige Vorstellung von der Stärke des Ostseestromes zu erhalten, ist ein Vergleich des Nord- und Ostseewassers in bezug auf das spezifische Gewicht erforderlich.

Aus den Temperatur- und Salzgehaltbeobachtungen des Oberflächenwassers bei den Stationen „Stollergrund-Feuerschiff“ und „Sonderburg“ [1]) berechnete ich nach Knudsens hydrographischen Tabellen die Werte für $\sigma_t$. Der Ausdruck $\sigma_t$ wird durch folgende Gleichung definiert:

$$\sigma_t = 1000\ (s_t - 1).$$

$s_t$ ist die Dichte, das spezifische Gewicht des Seewassers bei der örtlichen Temperatur $t^0$, auf destilliertes Wasser bei $4^0$ als Einheit bezogen.

In folgender Tabelle sind die Mittelwerte für $\sigma_t$ angegeben, und zwar aus einem Zeitraum von 3 Jahren (August 1900 bis Juli 1903).

| | Frühling | Sommer | Herbst | Winter | |
|---|---|---|---|---|---|
| Stollergrund . . | 12,09 | 9,66 | 12,24 | 14,54 | $\sigma_t$ |
| Sonderburg . . | 12,63 | 10,93 | 13,02 | 14,74 | |

[1]) Bei Station „Adlergrund-Feuerschiff“ weichen die Werte für $\sigma_t$ in den einzelnen Jahreszeiten nur wenig von einander ab und eignen sich daher nicht zu unserm Vergleich.

Im Skagerrak und Kattegat wurde ein ganz analoges Verhalten des Wassers beobachtet:

Skagerrak: Station S Skag 17 [1]).

| | August 1902 | November 1902 | Februar 1903 | Mai 1903 |
|---|---|---|---|---|
| $\sigma_t$ | 12,42 | 19,46 | 21,41 | 15,21 |

Kattegat.

| | August 1902 | November 1902 | Februar 1903 | Mai 1903 | |
|---|---|---|---|---|---|
| Station Da 8 [2]) . . | 16,03 | 20,45 | — | 16,29 | $\sigma_t$ |
| Station Da 16 [3]) . . | 11,89 | 22,60 | 23,37 | 18,44 | |

In der Nordsee sind die Schwankungen von $\sigma_t$ (des Oberflächenwassers) innerhalb des Jahres gegenüber denen der Ostsee ganz unwesentlich. So war z. B. in den internationalen Berichten für die Stationen D Nordsee 1, 2 und 3 angegeben:

Nordsee.

| | August 1902 | November 1902 | Februar 1903 | Mai 1903 | |
|---|---|---|---|---|---|
| D Nordsee 1 [4]) . . | 25,66 | 26,50 | 27,87 | 26,95 | $\sigma_t$ |
| D Nordsee 2 [5]) . . | 26,56 | 26,40 | 27,74 | 27,53 | |
| D Nordsee 3 [6]) . . | 26,58 | 26,95 | 27,62 | 27,65 | |

Vergleichen wir nun z. B. die Werte von $\sigma_t$, die wir für Stollergrund resp. Sonderburg und die Station D Nordsee 3 gefunden haben, so erhalten wir folgende Resultate:

Station D Nordsee 3 > Stollergrund im Frühling um 15,5 Einheiten der $\sigma_t$
" " " " Sommer " 16,9 " " "
" " " " Herbst " 14,7 " " "
" " " " Winter " 13,1 " " "
" " Sonderburg " Frühling " 15,0 " " "
" " " " Sommer " 15,6 " " "
" " " " Herbst " 13,9 " " "
" " " " Winter " 12,9 " " "

Im Sommer, wo das Ostseewasser im Vergleich zur Nordsee am leichtesten ist, wird der auslaufende Strom seine größte Stärke erreichen; im Winter wird letzterer aus entgegengesetzten Gründen am schwächsten sein. Hiermit hängt eng zusammen die große Anzahl von diskordanten Fällen im Sommer und die geringere im Winter.

Eine weitere Ursache für diskordante Fälle ist das Umschlagen eines beständigen, anhaltenden Windes in eine andre Richtung. Der neu einsetzende Wind ist dann meistens nicht imstande, auf die Stromrichtung bestimmend einzuwirken.

[1]) S Skag 17 = Schwedische Stat. 17 im Skagerak. Position: 58° 23,1′ n. Br., 11° 34,7′ ö. L.
[2]) Da 8 = Station 8 im dänischen Forschungsgebiet. Position: 57° 52,7′ n. Br., 11° 22,2′ ö. L.
[3]) Da 16: 57° 09′ n. Br., 11° 27′ ö. L.
[4]) D Nordsee 1 = Station 1 im deutschen Forschungsgebiet. Position: 54° 41′ n. Br., 6° 12′ ö. L.
[5]) D Nordsee 2. Position: 55° 21′ n. Br., 4° 08′ ö. L.
[6]) D Nordsee 3. Position: 56° 02′ n. Br., 3° 16′ ö. L.

Auch das plötzliche Abflauen starker Winde kann Anlaß zu diskordanten Fällen geben. In seichten, zwischen Kontinente gelagerten Meeresräumen, tritt bei starken Luftbewegungen an der Vorderseite der Winde meist Aufstauen des Wassers ein, wodurch die horizontale Lage der Meeresoberfläche allmählich in die einer schiefen Ebene übergeht. Diese, den hydrostatischen Gesetzen widersprechende Erscheinung, wird so lange anhalten, wie der Wind ein Zurückgleiten der aufgestauten Wasserteilchen auf der schiefen Ebene verhindern kann. Letzteres wird nicht eintreffen, wenn die Windstärke plötzlich nachläßt, und deshalb werden dann Strom- und Windrichtung entgegengesetzt gerichtet sein.

Ein starker Wind kann auf weit entfernt gelegene Gebiete insofern einwirken, als er das Wasser aus ihnen ansaugt und Strömungen verursacht, die mit den lokalen Winden in keinem Zusammenhang stehen.

Endlich sei noch darauf hingewiesen, daß diskordante Fälle selbst auf die Verteilung des Luftdrucks zurückgeführt werden können. Lagert nämlich über dem Nordseewasser schwere, über dem Ostseewasser leichte Luft, so wird das Wasser in die Ostsee hineingedrängt. Allerdings sind diese Druckkräfte gegenüber den anderen störenden Kräften, die auf das Wasser einwirken, praktisch nicht sehr bedeutend.

### d. Erklärung einzelner diskordanter Fälle bei Station „Stollergrund-Feuerschiff".

Nachdem ich das Verhältnis der Winde und Ströme ganz allgemein angegeben habe, werde ich jetzt einzelne diskordante Fälle zu erklären suchen. Allerdings muß ich vorausschicken, daß ich nur einige besonders charakteristische Stromabweichungen, die bei der Station „Stollergrund-Feuerschiff" vorkamen, eingehend behandelt habe, weil sich einerseits wegen der Konfiguration der Küsten, andrerseits wegen der Lage der Kieler Bucht zum Alsen-, Großen- und Fehmarn-Belt recht interessante Tatsachen feststellen lassen. Hingegen schien es mir weniger lohnend, auf diskordante Fälle bei der Station „Sonderburg" näher einzugehen, weil hier wegen des nordsüdlich gerichteten, schmalen Alsensunds nur Nord- und Südströme vorkommen.

Unter Berücksichtigung der im vorhergehenden Abschnitt angegebenen Ursachen für diskordante Fälle werden einige Stromabweichungen leicht verständlich.

An folgenden Fällen läßt sich z. B. ohne Schwierigkeit nachweisen, daß die Stromablenkungen, wenigstens zu einem großen Teile, auf Winde zurückgeführt werden können, welche in der Zeit vor dem Beobachtungstage wehten.

Am 20. Februar 1901 herrschte W-Strom bei N-Wind. Seit dem 17. Februar hatten O-Winde geweht, die anhaltenden W-Strom hervorriefen.

Am 6. April 1901 war bei Stollergrund S-Strom trotz W-Windes. Am 5. April hatte während des ganzen Tages NW-Wind v. St.[1]) 7—8 geweht.

Am 25. Juni 1901 war NW-Strom bei NW-Wind. Vom 20. Juni an hatten O- und SO-Winde geweht, die von genanntem Tage an das Wasser nach NW drückten.

Am 15. September 1901 setzte der Strom nach SW bei O-Wind. Am Tage vorher hatte NO-Wind v. St. 7—8 geherrscht.

Am 2. Dezember 1901 lief der Strom nach SO trotz S-Windes. Tags vorher hatte NW-Wind v. St. 7—8 geweht.

Folgende Fälle lassen deutlich die Wirkung abflauender Winde auf die Strömungen in der Kieler Bucht erkennen:

Am 29. September 1900 wurde S-Strom bei W-Wind beobachtet. Vom 27. September an flauten SW-Winde von Stärke 8 auf Stärke 2 ab. Seit dem 28. September lief der Strom nach S.

Am 11. Oktober 1902 lief der Strom direckt dem S-Winde entgegen. Auf SO-Wind v. St. 6, welcher am Tage vorher geweht hatte, folgte am 11. Oktober S-Wind v. St. 3. Vom 10. bis 11. Oktober ging NW-Strom in S über.

Am 18. März 1903 herrschte SW-Strom bei S-Wind. Am 16. und 17. März wehte SO-Wind, dessen Stärke von 5 auf 1 herabsank. Der anhaltende NW-Strom ging in SW über.

Diese wenigen Fälle mögen genügen, um zu zeigen, daß die Strömungen in der Kieler-Bucht zum großen Teil unmittelbar von den Windverhältnissen abhängig sind.

[1]) v. St. = von Stärke.

Ohne Frage werden aber auch die Strömungen im Alsen-, Großen- und Fehmarn-Belt diejenigen bei Stollergrund beeinflussen. In welcher Weise dies geschieht, kann bei den eben angeführten Fällen schwer festgestellt werden, weil hier die Winde eine zu große Rolle spielen. Wir müssen daher Fälle auswählen, bei denen die Strömungen nicht aus den Windverhältnissen erklärt werden können.

Bei einer Reihe von Fällen, welche dieser Bedingung genügten, zog ich nach dem Muster von Franz Schulze[1]) die gleichzeitigen dänischen Beobachtungen[2]) im Alsen- und Großen Belt heran[3]).

Ich trug in Kartenskizzen von der Beltsee sämtliche Strombeobachtungen ein, die an den ausgewählten Tagen in den deutschen und dänischen Gebieten gemacht waren. Hierbei fand ich, daß, je nachdem das Wasser in die Beltsee ein- oder aus ihr auslief, mit ziemlicher Regelmäßigkeit ganz bestimmte Ströme bei der Station „Stollergrund-Feuerschiff" auftraten. Die Fälle mit gleichem Stromsystem in der näheren Umgrenzung der Kieler Bucht faßte ich in Gruppen zusammen.

Auf diese Weise konnte ich vier Gruppen aufstellen. Zur ersten Gruppe rechnete ich sämtliche Fälle mit S-, SO- und O-Strom bei Stollergrund und gleichzeitigem auslaufenden Wasser im Alsen-, Großen- und Fehmarn-Belt, zur zweiten diejenigen mit N-, NW- und W-Strom bei Stollergrund und gleichzeitigem einlaufenden Wasser in den Belten. Neben diesen beiden Gruppen, welche die meisten Fälle umfaßten, konnte ich zwei weitere unterscheiden. Die Fälle mit N-, NW- und W-Strom bei Stollergrund und auslaufendem, mit S-Strom und einlaufendem Wasser in den Belten bildeten die Gruppen 3 und 4.

Bevor ich die einzelnen Gruppen näher behandle, will ich kurz skizzieren, welche Richtungen der einlaufende, sowie der auslaufende Oberflächenstrom auf seinem Wege durch die mannigfaltig gestaltete Beltsee anzunehmen gezwungen wird. (Siehe die Kartenskizzen, welche die Strömungen der Gruppe I und II veranschaulichen. (Seite 204).) Das aus der „eigentlichen Ostsee" herausströmende Wasser, welches auf der Höhe von Rügen nach Westen drängt, muß, sobald es auf die vorgelagerten dänischen Inseln trifft, teils nach NO umwenden und durch den Sund seinen Ausweg suchen, teils durch die Beltsee abfließen. Dieser letztere Zweig nimmt zwischen Gjedser und der gegenüberliegenden deutschen Küste SW-Richtung an. Durch den nach NW gerichteten Vorsprung Holsteins mit der Insel Fehmarn wird nun der auslaufende Strom gezwungen, in der Neustädter-Bucht nach Norden umzuwenden und durch den Fehmarn-Belt (18—20 km breit) weiter nach Westen vorzudringen. Am Ende dieser Meeresstraße teilt sich der Strom und fließt einerseits durch den Großen Belt direkt nach Norden, andrerseits verläuft er nördlich von der Kieler Bucht und durchströmt den Alsenbelt (zwischen Alsen und Fünen) in nördlicher Richtung.

Die Richtungen der einlaufenden Oberflächenströmung sind den soeben für die einzelnen Gebiete der Beltsee angeführten direkt entgegengesetzt.

### Gruppe I.

Wie oben erwähnt, umfaßt diese Gruppe die Fälle mit S-, SO- und O-Strom bei Stollergrund und gleichzeitigem auslaufenden Wasser in den Belten. Die erste Kartenskizze auf Seite 204 veranschaulicht diese Stromverhältnisse.

Bei 14 Fällen konnte ich dieses Stromsystem feststellen. Wie sind diese Tatsachen zu erklären? Wir sehen, daß der auslaufende Ostseestrom mit seiner Hauptmasse nördlich an der Kieler Bucht vorbeifließt. Auf diesem Wege werden aber einige Wasserteilchen auf die Westküste (Schwansen und Angeln) der Bucht treffen und z. T. gezwungen, nach Süden auszuweichen. Durch diese südliche Bewegung der Wassermassen im westlichen Teile der Kieler Bucht, sowie durch die nördliche, welche bei der Insel Fehmarn infolge der ansaugenden Kraft des auslaufenden Ostseestroms hervorgerufen wird, entsteht im südlichen Teil der Bucht allmählich eine Strömung, welche im entgegengesetzten Sinne des Uhrzeigers kreist. Da die Station „Stollergrund-Feuerschiff" an der Südwestseite dieses Stromkreises gelegen ist, werden hier S-, SO- und O-Ströme herrschen.

### Gruppe II.

Die 17 diskordanten Fälle mit N-, NW- und W-Strom bei Stollergrund und gleichzeitigem einlaufenden Wasser in den Belten werden auf der zweiten Kartenskizze veranschaulicht.

[1]) Franz Schulze: Die Oberflächenströmungen bei Gjedser-Riff. Archiv der deutschen Seewarte. 20. Jahrgang. Nr. 3.
[2]) Nautisk Meteorologisk Aarbog. Kopenhagen 1900—1903.
[3]) Soweit Beobachtungen im Fehmarn-Belt vorlagen, berücksichtigte ich sie ebenfalls.

## Kartenskizzen zur Veranschaulichung der Strömungen der Gruppen I und II.

**Strömungen der Gruppe I.**

**Strömungen der Gruppe II.**

Diese Stromverhältnisse glaube ich in folgender Weise leicht erklären zu können:

Der einlaufende Oberflächenstrom, welcher, sobald er den Alsen-Belt verlassen hat, nach SO fließt, wird zum Teil von der Insel Fehmarn und dem schon früher erwähnten Vorsprung Holsteins (Wagrien) aufgehalten und gezwungen nach SW auszuweichen.

In ähnlicher Weise, wie ich es bei den Fällen der Gruppe I geschildert habe, entsteht nun eine Strömung in der Kieler Bucht, welche aber dieses Mal im Sinne des Uhrzeigers kreist. Bei Station „Stollergrund-Feuerschiff" werden dann N-, NW- und W-Ströme herrschen.

### Gruppe III.

Es mag überraschen, daß wir hier im Gegensatz zur Gruppe I 7 Fälle haben mit N-, NW- und W-Strom bei Stollergrund und gleichzeitigem auslaufenden Ostseestrom. Nach meiner Ansicht beruht die Ungleichheit beider Stromtypen auf dem verschiedenen Verhältnis, in welchem die Stromstärken im Alsen- und Langelands-Belt zu einander stehen.

Wie nämlich aus folgender Tabelle ersichtlich ist, sind bei den Fällen der Gruppe I die Ströme im Langelands-Belt durchschnittlich um 0,55 Kn. p. h. (Knoten pro Stunde) stärker als diejenigen im Alsen-Belt, während sie bei den Fällen der Gruppe III durchschnittlich gleiche Stärke haben:

Gruppe I. Stromstärken in Knoten p. h.[1]).

| Beobachtungstag | 17./VIII. 00 | 30./IX. 00 | 10./VI. 01 | 19./VI. 01 | 26./X. 01 | 18./VIII. 02 | 3./IX. 02 | 30./X. 02 | 9./XI. 02 | Summe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alsen-Belt | 0,75 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 4,75 |
| Langelands-Belt | 1,0 | 0,5 | 1,5 | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 9,75 |

Gruppe III. Stromstärken in Knoten p. h.

| Beobachtungstag | 8./IX. 00 | 7./XI. 00 | 23./III. 01 | 20./X. 02 | Summe |
|---|---|---|---|---|---|
| Alsen-Belt | 1,5 | 1,0 | 0,5 | 0,5 | 3,5 |
| Langelands-Belt | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 1,0 | 3,5 |

Aus diesen Tatsachen glaube ich folgende Schlüsse ziehen zu können: Ist der auslaufende Strom im Langelands-Belt stark, im Alsen-Belt aber schwach, so wird ersterer das Wasser im östlichen Teile der Kieler Bucht mit solcher Kraft ansaugen, daß ein kreisender Strom in der Bucht entsteht und bei Stollergrund S-, SO- und O-Ströme herrschen (siehe Gruppe I). Ist dagegen der N-Strom im Alsen-Belt demjenigen im Langelands-Belt an Stärke gleich, oder gar überlegen, so wird das Wasser im westlichen Teile der Kieler-Bucht nach N, NW oder W fortgezogen.

### Gruppe IV.

6 Fälle mit S-Strom bei Stollergrund und gleichzeitigem einlaufenden Strom in den Belten faßte ich zu der Gruppe IV zusammen. Diese Gruppe steht in einem ähnlichen Gegensatz zur zweiten, wie die dritte zur ersten. Daß hier bei diesen Fällen einlaufender Strom in den Belten mit S-Strom bei Stollergrund zusammentraf, muß nach den Erläuterungen zur Gruppe II auf den ersten Blick unverständlich sein. Sobald wir aber die Stromstärken im Alsen- und Langelands-Belt berücksichtigen, werden wir, wie bei der Gruppe III, auch für diese 6 diskordanten Fälle eine immerhin einleuchtende Erklärung geben können. Folgende Tabellen zeigen nämlich, daß bei den Fällen der Gruppe II die Stromstärken im Alsen- und Langelands-Belt mehr voneinander abweichen, als bei denen der Gruppe IV:

Gruppe II. Stromstärken in Knoten p. h.

| Beobachtungstag | 7./IX. 00 | 18./III. 01 | 16./VI. 01 | 15./VIII. 01 | 7./VIII. 01 | 8./VIII. 01 | 9./VIII. 01 | 6./IX. 02 | 9./IX. 02 | 10./X. 02 | Summe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alsen-Belt | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 0 | 0,5 | 0,5 | 6,0 |
| Langelands-Belt | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 1,0 | 0,75 | 9,25 |

[1]) Von einigen Tagen fehlen Angaben von Stromstärken.

Gruppe IV. Stromstärken in Knoten p. h.

| Beobachtungstag . . . . | 9./VIII. 00 | 28./IX. 00 | 24./X. 00 | 6./IV. 01 | Summe |
|---|---|---|---|---|---|
| Alsen-Belt . . . . . | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 3,0 |
| Langelands-Belt . . . . | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 1,0 | 3,5 |

Aus den Tabellen findet man, daß bei den Fällen der Gruppe II, die Stromstärken im Langelands-Belt diejenigen im Alsen-Belt durchschnittlich um 0,33 Knoten p. h. übertreffen, bei den Fällen der Gruppe IV um nur 0,12.

Meiner Ansicht nach wäre nun der S-Strom bei Stollergrund trotz einlaufenden Oberflächenstroms in der Weise zu erklären, daß der S-Strom, sobald er den Alsen-Belt verläßt, nicht wie bei den Fällen der Gruppe II durch die südlichen Ströme im Langelands- und Fehmarn-Belt nach O abgelenkt wird, sondern vermöge seiner Intensität die S-Richtung beibehält und das Wasser im westlichen Teil der Kieler Bucht nach Süden drückt.

## e. Stromrichtung und Stromstärke nach Koppelrechnung.

Um die Bewegungen der Wassermassen in der Kieler Bucht zu zeigen, gebe ich in folgender Tabelle die Abweitungen der Strömungen in den einzelnen Monaten an. Die Zahlen fand ich aus den Strommessungen bei Stollergrund vermittelst der Koppelrechnung.

Tabelle V: **Abweitungen der Strömungen bei Station „Stollergrund-Feuerschiff" in den einzelnen Monaten.**

| Monat | Abweitungen (angegeben in km) | | | | Resultante | | Monat | Abweitungen (angegeben in km) | | | | Resultante | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Westliche | Östliche | Nördliche | Südliche | Größe der Resultante in km | Richtung der Resultante | | Westliche | Östliche | Nördliche | Südliche | Größe der Resultante in km | Richtung der Resultante |
| 1900 August | 12,65 | 4,01 | 13,34 | 5,68 | 11,48 | N 49° W | 1902 Januar | 4,39 | 22,30 | 3,07 | 13,11 | 20,50 | S 61° O |
| „ September | 7,93 | 9,30 | 7,30 | 11,15 | 4,05 | S 20° O | „ Februar | 7,33 | 1,39 | 4,83 | 1,69 | 6,67 | N 62° W |
| „ Oktober | 5,04 | 16,95 | 6,40 | 8,65 | 12,16 | S 80° O | „ März | 2,50 | 17,58 | 4,37 | 16,83 | 19,55 | S 51° O |
| „ November | 15,40 | 3,49 | 14,06 | 4,53 | 15,22 | N 52° W | „ Juli | 1,86 | 11,99 | 3,19 | 7,53 | 10,98 | S 67° O |
| „ Dezember | 11,07 | 15,65 | 14,49 | 3,46 | 12,01 | N 23° O | „ August | 10,58 | 3,47 | 11,21 | 0,63 | 12,75 | N 34° W |
| 1901 Januar | 10,48 | 8,76 | 16,48 | 3,89 | 12,73 | N 8° W | „ September | 9,04 | 8,84 | 8,43 | 11,34 | 2,90 | N — S |
| „ Februar | 5,13 | 7,34 | 3,87 | 7,86 | 4,55 | S 29° O | „ Oktober | 11,89 | 7,56 | 8,56 | 3,38 | 6,74 | N 41° W |
| „ März | 13,33 | 3,43 | 14,31 | 2,08 | 15,71 | N 39° W | „ November | 13,52 | 5,39 | 15,44 | 1,22 | 16,39 | N 30° W |
| „ April | 11,04 | 5,46 | 7,29 | 3,84 | 6,62 | N 58° W | „ Dezember | 11,15 | 8,77 | 9,16 | 3,92 | 5,69 | N 24° W |
| „ Mai | 15,43 | 4,40 | 10,71 | 2,96 | 13,43 | N 55° W | 1903 Januar | 6,07 | 9,86 | 6,84 | 4,18 | 4,52 | N 55° O |
| „ Juni | 12,46 | 9,08 | 12,54 | 5,24 | 8,01 | N 24° W | „ Februar | 0 | 18,98 | 7,73 | 3,50 | 19,46 | N 78° O |
| „ Juli | 15,00 | 5,07 | 14,43 | 5,45 | 13,45 | N 48° W | „ März | 6,69 | 8,70 | 11,03 | 2,63 | 8,63 | N 13° O |
| „ August | 12,61 | 6,11 | 11,07 | 6,63 | 7,90 | N 55° W | „ April | 2,20 | 7,29 | 2,00 | 7,67 | 7,65 | S 42° O |
| „ September | 18,27 | 3,19 | 13,03 | 3,04 | 18,11 | N 57° W | „ Mai | 6,77 | 1,54 | 3,84 | 5,95 | 5,60 | S 68° W |
| „ Oktober | 9,59 | 6,37 | 9,80 | 3,71 | 6,89 | N 28° W | „ Juni | 11,13 | 1,37 | 11,13 | 2,30 | 13,32 | N 49° W |
| „ November | 4,12 | 10,46 | 4,37 | 8,18 | 7,27 | S 59° O | „ Juli | 10,38 | 5,36 | 12,61 | 1,82 | 11,90 | N 25° W |
| „ Dezember | 5,97 | 11,20 | 11,84 | 7,91 | 6,50 | N 53° O | | | | | | | |

Das Verhältnis der vier Abweitungen innerhalb der 33 Monate wird durch folgende Proportion ausgedrückt:

$$N : W : O : S = 9 : 9 : 8 : 5$$

Die südliche Abweitung bleibt weit hinter den übrigen zurück, was zum großen Teil auf der geringen Häufigkeit der reinen N-Winde beruhen wird. Wie ferner aus obiger Proportion hervorgeht, bewegte sich das Wasser in den meisten Fällen nach Norden und Westen. Die Richtung der Resultante (der Generalkurs des Stroms) ist deshalb in 18 Monaten, also in mehr als 50%, nordwestlich.

In den einzelnen Jahreszeiten ist durchschnittlich die Größe der vier Abweitungen folgende:

Tabelle Va. Abweitungen (angegeben in km) in den einzelnen Jahreszeiten bei Station „Stollergrund-Feuerschiff".

| | Westliche | Östliche | Nördliche | Südliche |
|---|---|---|---|---|
| Frühling . . . . . | 21 | 20 | 20 | 17 |
| Sommer . . . . . | 37 | 15 | 37 | 13 |
| Herbst . . . . . | 31 | 23 | 25 | 18 |
| Winter . . . . . | 20 | 30 | 26 | 16 |

Im Frühling sind die Abweitungen annähernd gleich; im Sommer ist die Bewegung des Wassers nach Norden und Westen bedeutend größer, als nach Osten und Süden; im Herbst tritt die westliche, im Winter die östliche Abweitung am meisten vor den übrigen hervor.

Um diese Verhältnisse zu verstehen, sind sowohl die Strömungen im Alsen-, Großen- und Fehmarn-Belt, als auch die Windverhältnisse bei Stollergrund zu berücksichtigen.

Wie ich im vorhergehenden Abschnitt zeigte, wird bei starkem auslaufenden Strome im Alsen-Belt, das Wasser bei Stollergrund nach Norden und Westen fortgezogen. Da nun im Sommer das Drängen des Wassers von der Ostsee zur Nordsee am stärksten ist[1]), werden uns die großen westlichen und nördlichen Abweitungen, welche in unserer Tabelle für den Sommer angegeben sind, verständlicher.

Im Winter dagegen ist die Intensität des auslaufenden Ostseestroms nur gering, wodurch, wie wir früher sahen, in der Kieler Bucht Strömungen hervorgerufen werden können, welche von Osten über Nord nach Westen kreisen. Bei Stollergrund herrschen dann vornehmlich östliche Ströme. Hieraus sind die verhältnismäßig großen östlichen Abweitungen im Winter zu erklären.

Im Frühling und Herbst, als den Übergängen vom Winter zum Sommer, resp. Sommer zum Winter, weichen die Abweitungen weniger stark voneinander ab.

In welchem Maße die Bewegungen des Wassers bei Stollergrund von den Winden abhängig sind, soll im folgenden Abschnitt meiner Arbeit gezeigt werden.

## f. Bemerkungen zu den graphischen Darstellungen der Strommessungen bei Station „Stollergrund-Feuerschiff".

Um ein Bild von der Versetzung der Wassermassen im Bereiche der Kieler Bucht für kürzere Zeitabschnitte zu gewinnen, habe ich für alle Monate (von August 1900 bis Juli 1903) graphische Darstellungen der Stromaufzeichnungen an Bord des Feuerschiffes „Stollergrund" entworfen. Hierbei legte ich die Annahme zugrunde, daß sich die Stromrichtungen in der Zeit von einer Beobachtung bis zur nächsten im allgemeinen nicht geändert hätten. Für die Berechtigung dieser Annahme spricht die Tatsache, daß die Ströme oft tagelang dieselbe Richtung beibehalten, und meistens erst allmählich eine andere einschlagen.

Auf beigegebener Tafel habe ich eine Auswahl der entworfenen Darstellungen reproduziert, und zwar von den Monaten: August, November, Dezember 1900, Januar, Februar, August 1902 und Januar und Juni 1903.

Wie ich im ersten Abschnitt meiner Arbeit nachgewiesen habe, sind im allgemeinen die Winde für die Ströme in der Kieler Bucht bestimmend. Die graphischen Darstellungen werden uns daher sofort

[1]) Siehe Seite 201.

verständlich sein, sobald wir auf die Windverhältnisse Rücksicht nehmen. Da es aber zu weit führen würde, bei allen acht Monaten den Einfluß der Winde auf die Strömungen zu zeigen, habe ich diesen Nachweis nur für den Monat August 1900 im einzelnen geliefert.

Der meist nördlich gerichtete Strom vom 4.—7. August 1900 ist in der Tat auf südliche Winde zurückzuführen. Letztere flauten vom 7.p bis 8.p ab. Infolgedessen fand am 8. des Monats ein Zurückfließen des Wassers statt; in diesem Falle also nach Süden. Der W-Wind am 9. trieb das Wasser ostwärts. Am 10.a war nordwestlicher Strom bei S-Winden, nachmittags S-Strom bei N-Wind. Die anhaltenden, meist südöstlich gerichteten Ströme an den folgenden Tagen bis zum 14.a sind die Folge von N- und NW-Winden. Die scharfe Wendung des Stromes nach Südwest am 14.p erklärt der dann herrschende NO-Wind. Am 15. und 16. trieben O-Winde das Wasser westwärts. Der diskordante Fall am 17.a, wo trotz SO-Windes SO-Strom herrschte, ist bei den Erklärungen einzelner diskordanter Fälle bei Station „Stollergrund-Feuerschiff" besprochen worden. Vom 17.p bis 24.p bewegte sich das Wasser in nördlicher und nordwestlicher Richtung infolge von südöstlichen Winden. Die anhaltenden nördlichen und östlichen Winde seit 24. machen uns die Ablenkung der Strömungen teils nach Süden, teils nach Westen verständlich. Vom 28. an drehte der Strom immer weiter nach Süden wegen nördlicher und nordwestlicher Winde.

# Zweiter Hauptteil.

## Tiefenströmungen in der Ostsee, dargestellt nach dem Beobachtungsmaterial der internationalen Terminfahrten.

### a. Bemerkungen zu den angewandten Darstellungsmethoden.

An der Hand der Berichte über die Terminfahrten vom August 1902, November 1902, Februar 1903, und Mai 1903, habe ich im zweiten Teil meiner Arbeit versucht, die Kenntnisse über die Richtungen, Ausdehnungen und Geschwindigkeiten der Tiefenströmungen zu erweitern. Hierbei nahm ich die Methoden von M. Knudsen und V. Bjerknes zu Hilfe.

Knudsen stellte zum ersten Male, ohne weitere Rechnung, allein aus den Angaben der Temperaturen und des Salzgehalts des Wassers, Tiefenströmungen fest.[1]) Ich habe nach diesem Verfahren die Tiefenbewegungen im Bottnischen und Finnischen Busen zu veranschaulichen gesucht, bin dabei also über das bisher behandelte Gebiet der westlichen Ostsee weiter hinausgegangen. Allein dieser einfachen und sehr geistreichen Methode ist diejenige von V. Bjerknes[2]) vorzuziehen, da sie uns gestattet, nicht nur die Richtungen der Tiefenströmungen, sondern auch deren Geschwindigkeiten in erster Annäherung zu bestimmen. Ich habe letztere deshalb für diejenigen Ostseegebiete angewandt, welche Deutschland am meisten interessieren, nämlich für die eigentliche Ostsee und Beltsee.

Im allgemeinen sei noch bemerkt, daß es mir vollkommen fern liegt, die hydrographischen Verhältnisse im Finnischen und Bottnischen Busen, sowie im Kattegat, genauer zu behandeln; ich habe sie nur des besseren Verständnisses wegen, soweit nötig, mit herangezogen.

### b. Tiefenströmungen in den einzelnen Ostseegebieten.

#### I. Bottnischer und Finnischer Busen.

##### a. Bottnischer Busen.

Den Berichten über die Terminfahrten im Bottnischen Busen ist für unsere Zwecke folgendes zu entnehmen:

Der Salzgehalt nimmt im Bottnischen Busen sowohl an der Oberfläche, als auch am Meeresgrunde von Norden nach Süden zu, und zwar wächst er durchschnittlich an der Oberfläche von der nördlichsten

[1]) M. Knudsen: „Über die Temperatur im Kattegat und im westlichen Teile der Ostsee". Annalen der Hydrographie. Heft 2. Jahrgang 1901.

[2]) Ausführliche Erläuterungen zu dieser Methode gebe ich später.

Station (20)[1]) bis zur südlichsten (1)[2]) von 3‰ auf 6,5‰, in der Tiefe von 4‰ auf 8,5‰. Im August 1902 ist der Oberflächensalzgehalt im Vergleich zu den übrigen Monaten am geringsten, der Tiefensalzgehalt am größten (auf Station 1 sogar 8,77‰ gemessen). Im Februar 1903 ist der Salzgehalt oben verhältnismäßig hoch, unten dagegen niedrig. Die Salzgehaltsmessungen im November 1902 und Mai 1903 ergeben Werte, welche zwischen den beiden Extremen des Sommers und des Winters liegen.

In allen Monaten ist vom 64° bis 63° n. Br. eine rasche Zunahme des Salzgehaltes an der Oberfläche verzeichnet. Wie weiter unten noch erläutert wird, sammeln sich hier vor den flachen Quarken in der Tiefe schwere, salzige Wassermengen an, die durch Konvektion bis an die Oberfläche den Salzgehalt erhöhen.

In vertikaler Richtung nimmt der Salzgehalt bei allen Stationen und in allen Monaten gleichmäßig zu. Nur im August 1902 und Mai 1903 erfolgt in einer Tiefe von 70—80 m eine raschere Steigerung des Salzgehalts, verbunden mit einer Zunahme der Temperatur. Diese Schicht, von etwa 8‰ Salzgehalt und 3° Temperatur bei Station 1, und 6‰ und 1,5° an ihrem Nordende (63° n. Br.), lagert wieder auf kälterem Wasser.

Woher kommt dies warme, salzige Wasser? Zur Beantwortung dieser Frage ist ein Vergleich dieses Tiefenwassers mit dem vor der Mündung des Bottnischen Busens in die eigentliche Ostsee erforderlich:

Tabelle VI: **Salzgehalt und Temperatur der unteren Wasserschichten im Bottnischen Busen.** August 1902.

| Station | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatur | 2,8 | 2,3 | 2,9 | 2,0 | 2,8 | 2,4 | 1,7 | 1,3 | 1,0 | 1,4 | 1,3 | 1,1 | 1,5 | 1,7 |
| Salzgehalt in ‰ | 8,0 | 7,5 | 6,8 | 6,8 | 6,4 | 6,3 | 6,3 | 6,0 | 6,2 | 6,2 | 6,0 | 5,7 | 5,9 | 5,8 |
| Tiefe in m | 80 | 80 | 90 | 90 | 50 | 70 | 75 | 70 | 70 | 80 | 90 | 100 | 90 | 60 |

Die finnische Expedition machte im August 1902 vor dem Finnischen Busen (bei den Stationen 1, 2 und 3) folgende Beobachtungen:

Bei Station 1 war in 65 m Tiefe 8,0‰ Salzgehalt bei 3,0°
„ „ 2 „ „ 80 „ „ 8,3‰ „ „ 3,0°
„ „ 3 „ „ 80 „ „ 8,0‰ „ „ 2,7°

Die schwedische Expedition fand August 1902 bei Station 1[3]) in 80 m Tiefe eine Temperatur von 3,6° und einen Salzgehalt von 9‰.

Aus den Angaben ist ersichtlich, daß sich vor dem Bottnischen Busen warmes, salziges Tiefenwasser gesammelt hatte von 8—9‰ Salzgehalt und einer Temperatur von etwa 3,3°. Dieses drang in 80 m Tiefe durch das Alands-Haff nach Norden bis zu den Quarken vor, wie aus folgendem Beobachtungsmaterial hervorgeht:

Im Bottnischen Busen war im August 1902 bei
Station 13 in 60 m Tiefe 5,6‰ Salzgehalt bei 1,6°
„ 14[4]) „ 60 „ „ 5,9‰ „ „ 1,7°
„ 15[5]) „ 60 „ „ 4,2‰ „ „ 5,8°
„ 16[6]) „ 60 „ „ 3,9‰ „ „ 2,6°

Der große Unterschied des Salzgehalts und der Temperaturen des Wassers, der zwischen den Stationen 14 und 15 herrscht, lassen erkennen, daß der nördlich gerichtete Tiefenstrom vor den flachen Quarken Halt macht.

[1]) Station 20: 65° n. Br.
[2]) Station 1 (im finnischen Forschungsgebiet): 59° n. Br.
[3]) Station 1 (im schwedischen Forschungsgebiet): 60 km nordwestlich von der Insel Gotska Sandö.
[4]) Station 13 und 14 liegen etwa 63° n. Br.
[5]) Station 15 liegt über den Quarken, und zwar sind letztere hier 61 m tief.
[6]) Station 16 ist nördlich von den Quarken gelegen (64° n. Br.).

Die Messungen im Mai 1903 ergeben ähnliche Resultate. Der Vollständigkeit halber werde ich auch diese anführen:

Tabelle VII: **Salzgehalt und Temperatur der unteren Wasserschichten im Bottnischen Busen.**
Mai 1903.

| Station | 1 | 3 | 4 | 5 | 7 | 10 | 12 | 13 | 14b |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatur | 3,3 | 2,0 | 2,2 | 1,7 | 1,1 | 1,7 | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| Salzgehalt in ‰ | 8,3 | 6,7 | 6,5 | 6,3 | 5,9 | 6,2 | 5,7 | 5,7 | 5,8 |
| Tiefe in m | 151 | 100 | 75 | 72,5 | 88 | 100 | 100 | 75 | 80 |

Vor dem Finnischen Busen war im Mai 1903 bei Station 1 in 100 m Tiefe 9,5‰ Salzgehalt bei 4,0°, bei Station 3 in 91 m Tiefe 10,0‰ bei 4,0°.

Mai 1903 wurden von Schweden keine Messungen in der eigentlichen Ostsee ausgeführt.

Die salzige, warme Tiefenschicht liegt tiefer als im August. Sie überschreitet nicht die Quarken.

Im Bottnischen Busen war im Mai 1903 bei Station 14b in 60 m 0,2‰ Salzgehalt bei 0,8°, bei Station 15 in derselben Tiefe 4,5‰ bei 5,7°.

### b. Finnischer Busen.[1])

Der Oberflächensalzgehalt nimmt von Osten nach Westen zu, und zwar von der östlichsten Station (16)[2]) bis zur westlichsten (1)[3]) durchschnittlich von 2‰ bis 6,5‰. Im August 1902 ist oben das Wasser im Vergleich zum November 1902 etwas salzärmer, gegenüber Mai 1903 salzreicher. Im November 1902 ist namentlich in dem westlichsten Teile des Busens hoher Salzgehalt.

In allen genannten Monaten lagert 20 bis 30 m über dem Meeresboden eine warme, salzige Schicht, welche im August 1902 von den westlichsten Stationen bis zum 28° ö. L., im Mai 1903 bis zum 26° ö. L. und endlich im November 1902 nur bis zum 23° ö. L. reicht. Diese Wassermengen sind in der Tiefe aus der eigentlichen Ostsee in den Finnischen Busen eingedrungen, wie aus folgenden Tabellen zu ersehen ist:

Tabelle VIII: **Salzgehalt und Temperatur der unteren Wasserschichten im Finnischen Busen.**
August 1902.

| Station | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5H | 6H | 7H | 3H | 8 | 4H | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatur | 2,4 | 2,6 | 3,0 | 2,1 | 2,1 | 2,0 | 2,6 | 1,8 | 1,2 | 2,3 | 1,8 | 1,7 | 1,7 | 1,5 | 1,5 | 1,7 | 1,7 | 1,6 | 1,7 |
| Salzgehalt in ‰ | 7,6 | 7,7 | 8,3 | 7,4 | 7,5 | 7,7 | 8,1 | 7,5 | 7,5 | 8,0 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 6,9 | 7,1 | 7,0 | 6,9 | 6,8 | 6,4 |
| Tiefe in m | 60 | 70 | 80 | 70 | 60 | 60 | 67 | 55 | 55 | 67 | 55 | 55 | 55 | 40 | 50 | 50 | 50 | 50 | 40 |
| | Mündung | | | | | | bei Reval | | | | bei Helsingfors | | | | vom 26°—28° ö. L. | | | | |

Die warme, salzige Schicht liegt im August 1902 je weiter nach Osten um so höher.

Die finnische Expedition beobachtete im November 1902

bei Station 1 in 80 m Tiefe 8,5‰ Salzgehalt bei 3,3°
„ „ 3 „ 90 „ „ 8,3‰ „ „ 3,1°
„ „ 4[4]) „ 105 „ „ 9,5‰ „ „ 3,8°

Die salzige Tiefenschicht hat sich im Vergleich zum August weiter von der Oberfläche entfernt und ist nur bis zum 23° ö. L. nachzuweisen.

[1]) Im Februar 1903 wurden keine Messungen im Finnischen Busen vorgenommen.
[2]) Station 16: 29° ö. L.
[3]) Station 1: 21° ö. L.
[4]) Station 4: 23° ö. L.

Tabelle IX: **Salzgehalt und Temperatur der unteren Wasserschichten im Finnischen Busen.**
Mai 1903.

| Station | 1 | 3 | 5 | 6 | 5 H | 6 H | 7 H | 3 H | 4 H | 9 | 10[1] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatur | 2,7 | 2,4 | 3,0 | 2,9 | 3,1 | 2,6 | 2,4 | 2,3 | 2,6 | 2,8 | 2,2 |
| Salzgehalt in ‰ | 7,2 | 7,5 | 8,2 | 8,4 | 8,7 | 8,0 | 7,7 | 7,5 | 7,9 | 8,3 | 7,6 |
| Tiefe in m | 75 | 75 | 70 | 70 | 77 | 75 | 75 | 74 | 77 | 75 | 73 |

Die Schicht liegt im Mai 1903 im allgemeinen tiefer als im August 1902, höher als im November 1902; sie ist bis zum 26° ö. L. vorgedrungen.

## II. Eigentliche Ostsee und Beltsee.

### *a.* Deutsches Forschungsgebiet.

### 1. Lage der Stationen der Terminfahrt.

Station 1 (54° 29,5′ n. Br.; 10° 21′ ö. L.) liegt 10 km. nordöstlich von Bülk; die Tiefe bei der Station beträgt 20 m. Station 2 (54° 56,5′ n. Br.; 10° 0,6′ ö. L.) ist 3 km östlich von Mummark (Alsen) gelegen. Tiefe 35 m. Station 3 (54° 36′ n. Br.; 11° 01,5′ ö. L.) liegt im Fehmarn-Belt, 8 km nordnordwestlich vom Markelsdorfer-Huk. Tiefe 30 m. Station 4 (54° 10′ n. Br.; 11° 16′ ö. L) ist in der Lübecker Bucht gelegen, 30 km ostnordöstlich von Neustadt. Tiefe 22 m. Station 5 (54° 28′ n. Br.; 12° 15′ ö. L.) ist 18 km von Darsser Ort entfernt, in westlicher Richtung. Tiefe 28 m. Die Stationen 6 bis 9 liegen auf der Linie Trelleborg-Arkona, in der Richtung von Norden nach Süden, und zwar: Station 6 (55° 16′ n. Br.; 13° 13′ ö. L.) 60 km nördlich von Arkona. Tiefe 38 m. Station 7 (55° 06′ n. Br.; 13° 15′ ö. L.) ist 45 km nördlich von Arkona entfernt. Tiefe 40 m. Station 8 (54° 55′ n. Br.; 13° 18′ ö. L.) liegt 35 km nördlich von Arkona. Tiefe 45 m. Station 9 (54° 43′ n. Br.; 13° 21′ ö. L.) ist 12 km von Arkona entfernt, in nordwestlicher Richtung. Tiefe 31 m. Das Gebiet von Bornholm bis Memel, wo das Lot meist über 50 m tief sinkt, wird von vier Beobachtungspunkten aus erforscht: Station 10 (54° 35′ n. Br.; 15° 30′ ö. L.) liegt 50 km nördlich von Colbergermünde. Tiefe 62 m. Station 11 (55° 15′ n. Br.; 16° 40′ ö. L.) ist 90 km von Stolpmünde entfernt, in nördlicher Richtung. Tiefe 70 m. Station 12 (54° 54′ n. Br.; 19° 15′ ö. L.) liegt im nördlichen Teil der Danziger Bucht, 40 km nordöstlich von Hela. Tiefe 107 m. Der östlichste Beobachtungspunkt Station 13 (55° 27′ n. Br.; 20° 19′ ö. L.) ist 60 km von Memel entfernt, in westsüdwestlicher Richtung. Tiefe 67 m.

### 2. Übersicht über die Salzgehalt- und Temperaturbeobachtungen während der Terminfahrten 1902/03.

Im August 1902 wächst der Oberflächensalzgehalt von der östlichsten Station (13) bis zur westlichsten (2) von 7,18 ‰ auf 17,83 ‰, der Tiefensalzgehalt von 7,34 ‰ auf 26,66 ‰. Eine sehr schnelle Zunahme der Salzmengen an der Oberfläche erfolgt von Station 5 bis 3; bei ersterer beträgt der Salzgehalt 8,08 ‰, bei letzterer 14,09 ‰. Östlich von Bornholm ist das Wasser von der Oberfläche bis 50 m Tiefe fast homohalin. Unterhalb dieser sogenannten Deckschicht erfolgt schnelle Zunahme der Salzmengen, verbunden mit Erhöhung der Temperaturen. Bei den Stationen 6 bis 9 beträgt die Mächtigkeit der homohalinen, oberen Wasserschichten nur 20 m, weiter westwärts bei den Stationen 4 und 5 etwa 10 m. Unter dieser Schicht erfolgt auch hier schnelles Anwachsen des Salzgehaltes, bei Station 4 von 10—20 m Tiefe um 7 ‰, bei Station 5 sogar um 8 ‰. Von Station 3 an sind die Salzmengen in allen Tiefenstufen bedeutend größer als bei den ostwärts gelegenen Beobachtungspunkten. Östlich von Bornholm fällt das Thermometer rasch in den Schichten von 20—30 m, westwärts bis zu Station 3 von 15—20 m Tiefe.

[1]) Station 10: 26° ö. L.

November 1902: Der Oberflächensalzgehalt beträgt bei Station 13 7,16 ‰, bei Station 2 15,48 ‰, der Tiefensalzgehalt bei ersterer 7,45 ‰, bei letzterer 24,18 ‰. Die Differenzen zwischen den Salzmengen des östlichen und westlichen Ostseegebiets sind geringer als im Sommer. — Die Verteilung der Temperaturen in vertikaler Richtung ist gleichmäßiger als im August 1902. — Die homohaline Deckschicht hat eine ähnliche Lage wie im Sommer.

Februar 1903: In diesem Monat ist besonders auffallend der hohe Tiefensalzgehalt auf der Strecke Trelleborg bis Arkona. Im Februar übertreffen nämlich die Salzmengen am Boden diejenigen

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| bei Station | 6 | im | August | 1902 | um | 11,34 ‰, | bei Station | 8 | im | August | 1902 um 9,10 ‰, |
| „ „ | 6 | „ | November | „ | „ | 11,75 ‰, | „ „ | 8 | „ | November | „ „ 10,44 ‰, |
| „ „ | 6 | „ | Mai | 1903 | „ | 12,78 ‰, | „ „ | 8 | „ | Mai | 1903 „ 9,66 ‰, |
| „ „ | 7 | „ | August | 1902 | „ | 11,45 ‰, | „ „ | 9 | „ | August | 1902 „ 5,13 ‰, |
| „ „ | 7 | „ | November | „ | „ | 6,71 ‰, | „ „ | 9 | „ | November | „ „ 8,13 ‰, |
| „ „ | 7 | „ | Mai | 1903 | „ | 14,49 ‰, | „ „ | 9 | „ | Mai | 1903 „ 7,66 ‰. |

Auch bei der weiter ostwärts gelegenen Station 10 ist im Februar 1903 der Tiefensalzgehalt größer als in den übrigen Monaten, und zwar gegenüber demjenigen

im August 1902 um 1,51 ‰ (in 60 m Tiefe),
„ November „ „ 2,09 ‰ „
„ Mai 1903 „ 3,77 ‰ „

Die Temperaturen nehmen im Februar 1903 mit der Tiefe zu.

Mai 1903: Die Salzmengen sind in diesem Monat im Vergleich zu den vorhergehenden in allen Tiefenstufen gering.

## 3. Tiefenströmungen.

### a. Erläuterung zu der Methode von V. Bjerknes.

Zur Veranschaulichung der allgemein bekannten Ursache für die nach Osten gerichtete Tiefenströmung, habe ich nach der zuerst von V. Bjerknes durchgeführten Methode, der hydrographischen Betrachtungen im Profil, und unter Benutzung der „Tabellen zur Berechnung von Meeresströmungen[1]) sogenannte dynamische Schnitte durch die Ostsee entworfen. Nach Bjerknes[2]) ist hauptsächlich die Druckverteilung für die Bewegungen der Flüssigkeitspartikelchen bestimmend. Dieser Kraft setzt sich aber die Trägheit der einzelnen Teilchen entgegen, welche umgekehrt proportional ist deren spezifischen Volumen. Die Druckverteilung denkt sich Bjerknes durch Flächen gleichen Druckes, oder *isobare* Flächen, dargestellt. Zwei solcher Flächen, deren Drucke um den Wert 1 differieren, schließen eine sogenannte *isobare* Lamelle ein. Die Beweglichkeit der Teilchen wird durch Flächen gleicher spezifischer Volumen, durch sogenannte *isostere* Flächen veranschaulicht. Flächen, deren spezifische Volumen um eine gewisse Einheit von einander abweichen, umgrenzen *isostere* Lamellen. Konstruiert man diese Flächenscharen in eine Flüssigkeit, so schneiden sie sich. Die Schnittflächen dieser sich durchkreuzenden Lamellen nennt Bjerknes *isobar-isostere Solenoide.* Der Ausdruck *„Solenoid“* rührt von Maxwell[3]) her und bedeutet bei ihm eine Kraftröhre (von $\sigma\omega\lambda\acute{\eta}\nu$ = Röhre) d. h. ein Raumstück, durch welches Kraftlinien hindurchgehen. Die Solenoiden von Bjerknes sind auch solche Kraftröhren, und zwar kann man die in ihnen vorhandenen Kräfte als Einheiten annehmen, weil, wie oben erwähnt, die Drucke und die spezifischen Volumen der Grenzflächen um eine gewisse Einheit differieren.

Bjerknes berechnet nun die tangentiale Beschleunigung auf folgende Weise: Zunächst bestimmt er die spezifischen Volumen (V) in den einzelnen Tiefen, wobei er der besseren Übersicht wegen den reciproken Wert der absoluten Dichte für Seewasser, welche er der Knudsen'schen Tabelle entnimmt, mit $10^5$ multipliziert. Den Unterschied dieser Volumen gegenüber dem spezifischen Volumen für Wasser von $0^0$ Temperatur und 35 ‰ Salzgehalt ($V_0$) nennt man am besten die Volumanomalie $V—V_0$. Das Produkt

[1]) Die Tabellen zur „Berechnung von Meeresströmungen“ sind von den skandinavischen Gelehrten Sandström und Helland-Hansen veröffentlicht worden.

[2]) Kongl. Vetenskaps-Akademiens Handlingar. Bandet 31, Nro. 4. Stockholm 1898.

[3]) H. Ebert: „Magnetische Kraftfelder“. Leipzig 1897, p. 79.

aus der Mächtigkeit und der mittleren Volumanomalie der einzelnen Wasserschichten gibt deren Druck an. Diese von uns in den dynamischen Schnitten verwendeten Werte sind aber nicht die absoluten Drucke E, sondern auch wieder deren Differenzen gegenüber den Drucken $E_0$ einer homogenen Wassersäule von 0° und 35 ‰, also die Druckanomalien $E—E_0$. Die Summe der Drucke von der Oberfläche bis zu jeder Tiefenstufe ist die gesamte Druckanomalie in der gewählten Tiefenstufe.

Der seitliche Druck zwischen zwei benachbarten Schichten einer Flüssigkeit wird, wie aus obiger Auseinandersetzung verständlich ist, durch die Anzahl von Solenoiden gegeben sein, welche den Raum zwischen beiden Schichten durchsetzen. Aus unseren dynamischen Schnitten sind diese Zahlen leicht zu finden, indem man für eine bestimmte Tiefe die Differenz der Druckanomalien von zwei Schichten berechnet. Der Quotient aus der Anzahl der Solenoiden und dem Umfang des Schnittes, welchen man zwischen zwei Stationen durch die Wasserschichten von der Oberfläche bis zu einer gewissen Tiefe legt, ist der Wert für die tangentiale Beschleunigung in dieser Tiefenstufe, ausgedrückt in cm nach 24 Stunden.

Auf unsren dynamischen Schnitten geben die Zahlen links von den Vertikalen die Druckanomalien $E—E_0$ in den betreffenden Tiefen an; rechts stehen die Werte für die örtlichen Volumanomalien. Der besseren Übersicht wegen habe ich die Isosteranomalen (Linien gleicher Volumanomalien) eingezeichnet, und diejenigen von 2000, 1500, 1000 und 500 besonders hervorgehoben.

Ich möchte noch hinzufügen, daß Isosteranomalen für „hydrodynamische Betrachtungen im Profil" gleichwertig benutzt werden können, wie Isosteren.

## b. Richtung, Ausdehnung und Geschwindigkeit der Tiefenströmungen in den einzelnen Jahreszeiten.

Die dynamischen Schnitte von Kiel bis Memel (I—IV) zeigen in allen Monaten ein starkes Zusammendrängen der Isosteranomalen zwischen den Stationen 1 bis 9, während sie östlich von Station 9 weit auseinandergehen. Diese Erscheinung beruht darauf, daß sich hier in dem flachen Gebiet der Ostsee Wasserschichten von oft stark abweichendem spezifischen Gewicht ansammeln. Die vor einer solchen Landschwelle aufgestauten, schweren Tiefenschichten suchen die vorgelagerte Barriere zu überschreiten. Hierbei kommt es auf die tangentiale Beschleunigung der Wasserteilchen an, denn je größer sie ist, um so leichter wird die Reibung des Wassers an dem flachen Meeresboden überwunden.

Die Größe der tangentialen Beschleunigung in den einzelnen Jahreszeiten ist, wie wir sahen, leicht aus den Zahlen, die in den dynamischen Schnitten für $E—E_0$ angegeben sind, zu berechnen. So ergibt sich aus den 18 185 Solenoiden, die im August 1902 (Schnitt I) zwischen den Stationen 3 und 9 von der Oberfläche bis auf 30 m Tiefe sind, eine Beschleunigung von 52,4 cm in 24 Stunden. Zwischen den Stationen 9 und 11 gibt es nur 3750 Solenoide, woraus man eine Beschleunigung von 8,6 cm in 24 Stunden findet.

Im November 1902 (Schnitt II) haben sich die Isosteranomalen im Vergleich zum August zwar weiter nach Westen zurückgezogen, sind aber im allgemeinen mehr aufgerichtet. Die tangentiale Beschleunigung ist dementsprechend gewachsen und übertrifft diejenige im Sommer zwischen den Stationen 5 und 9 in 20 m Tiefe um 20 cm in 24 Stunden, aber sie verringert sich verhältnismäßig rasch östlich dieses Gebietes starker Zirkulation. Infolgedessen ist zwischen den Stationen 9 und 11 von der Oberfläche auf 30 m Tiefe die Anzahl der Solenoide im November geringer als im Sommer, und dementsprechend auch die tangentiale Beschleunigung, nämlich um 5,4 cm.

Im Februar 1903 (Schnitt III) rücken die Isosteranomalen am weitesten nach Osten vor. Während z. B. die Linie von 1500 in den andern Monaten kaum Station 5 erreicht, hat sie im Winter selbt Station 9 überschritten. Diese Anordnung der Isosteranomalen läßt auf eine sehr bedeutende tangentiale Beschleunigung in östlicher Richtung schließen, was auch in der Tat durch die Werte $E—E_0$ bestätigt wird. Die Anzahl der Solenoide zwischen den Stationen 3 und 9 beträgt von der Oberfläche auf 30 m Tiefe 24 740; hieraus findet man 71,1 cm Beschleunigung in 24 Stunden. Zwischen den Stationen 9 und 11 sind in derselben Tiefe 8657 Solenoide, welche 19,7 cm Beschleunigung ergeben.

Die Lage der Isosteranomalen im Mai 1903 (Schnitt IV) entspricht derjenigen im November 1902. Die Linien rücken zwischen den Stationen 3 und 9 eng aneinander und sind fast senkrecht gegen die Oberfläche gerichtet. Zwischen den Stationen 3 und 9 sind von der Oberfläche bis 30 m Tiefe 19 380 Solenoide,

woraus wir eine Beschleunigung von 55,8 cm in 24 Stunden erhalten. Weiter ostwärts nimmt letztere wie im November 1902 schnell ab, so daß sich aus den 1330 Solenoiden zwischen den Stationen 9 und 11 eine Beschleunigung von nur 3 cm in 24 Stunden ergibt.

Die starke Tiefenströmung im Februar 1903, die wir durch den dynamischen Schnitt III kennen lernten, macht uns den hohen Satzgehalt in den tieferen Schichten der Stationen 6 bis 9 (Arkona-Trelleborg), und der weiter ostwärts gelegenen, verständlich[1]). Schweres, salziges Wasser drängt sich im Winter über die flache Landschwelle nördlich von Rügen nach Osten.

Ohne Frage bewegt sich der starke Tiefenstrom bis zu den Quarken im Bottnischen, und bis zum 28° ö. L. im Finnischen Busen, denn bis zu diesen Punkten kann eine warme, salzreiche Tiefenschicht verfolgt werden, die aus der eigentlichen Ostsee stammt. (Siehe: Bottnischer und Finnischer Busen.)

Ähnlich wie im Februar 1903, wenn auch nicht in so auffälliger Weise, scheint auch im Mai 1903 infolge einer nach Osten gerichteten Unterströmung der Tiefensalzgehalt erhöht worden zu sein, wenigstens läßt die tangentiale Beschleunigung von 8,6 cm in 24 Stunden, zwischen den Stationen 9 und 11, eine derartige Wirkung erwarten.

Im November und Mai nehmen die hydrodynamischen Kräfte so schnell nach Osten ab, daß wohl kaum östlich von Rügen seitliche Verschiebungen der Tiefenschichten stattfinden.

### β. Vergleich der Ergebnisse aus dem deutschen Forschungsgebiet mit denen aus dem schwedischen und dänischen einschließlich des Kattegats.

#### a. Schwedisches Forschungsgebiet.

##### 1. Ergebnisse der Salzgehalt- und Temperaturbeobachtungen.

Im August 1902 ist besonders auffällig das schnelle Anwachsen der Salzmengen im Sund, und zwar in der Richtung von Süden nach Norden. So ist z. B. der Oberflächensalzgehalt bei Helsingborg um 10‰ größer als derjenige bei Trelleborg. Diese Erscheinung ist aus dem Eindringen von stark salzigem Nordseewasser am Boden des Sund zu erklären; hier wurden nämlich in 25 m Tiefe Wasserschichten von 33,49‰ Salzgehalz angetroffen. In der eigentlichen Ostsee lagern in Tiefen über 80 m Schichten von 3° bis 4° Temperatur und 9‰ Salzgehalt. Die Temperaturen fallen im August innerhalb der Zone 20—30 m Tiefe sehr rasch, bei Station 2 (zwischen Öland und Gotland) um 9°, bei Station 5, nördlich von Bornholm, um 8°. Infolge von starker Erwärmung der obersten Schichten, hatte keine Mischung mit den unteren stattfinden können.

Im November 1902 ist das Wasser bei der Gotlandstiefe, östlich von Gotland, bis 50 m Tiefe homotherm, darauf folgt starke Abnahme, und von 80 m an wieder Steigen der Temperatur.

##### 2. Vergleich der Tiefenströmungen an der Südküste Schonens mit denen an der gegenüber liegenden deutschen Küste.

Die Isosteranomalen der Schnitte V—VII verlaufen fast horizontal, woraus wir auf eine geringe tangentiale Beschleunigung schließen können. Im Gegensatz hierzu hatten wir früher durch die Schnitte I—IV starke Tiefenströmungen längs der deutschen Küste kennen gelernt. Zum Vergleich mögen folgende Angaben genügen:

Im August 1902 beträgt die tangentiale Beschleunigung nach 24 Stunden zwischen den

Stationen $D_6$—$S_5$[2]) von der Oberfläche bis 20 m: 0,6 cm;
„ „ „ „ „ „ 30 „ 3,6 „
„ $D_9$—$D_{10}$ „ „ „ „ 20 „ 3,7 „
„ „ „ „ „ „ 30 „ 11,1 „

Im Mai 1903 ist die Beschleunigung bis 30 m Tiefe zwischen den Stationen $D_6$—$S_5$ 2,0 cm, zwischen $D_9$—$D_{10}$ 3,4 cm.

[1]) Vergleiche die Bemerkungen zu den Salzgehalt- und Temperaturbeobachtungen der deutschen Terminfahrt im Februar 1903.
[2]) $D_6$ = Station 6 im deutschen Forschungsgebiet.
$S_5$ = „ 5 „ schwedischen „

Das Anwachsen der hydrodynamischen Kräfte von der schwedischen Küste hinüber zur deutschen, macht uns die Verteilung des Salzgehalts auf der Strecke Trelleborg-Arkona verständlich:

Tabelle X: **Salzgehalt (in ‰) auf der Strecke Trelleborg-Arkona in 30 m Tiefe.**

| | August 1902 | November 1902 | Februar 1903 | Mai 1903 |
|---|---|---|---|---|
| Station $D_6$ . . . . | 8,89 | 8,10 | 11,37 | 7,68 |
| „ $D_7$ . . . . | 9,16 | 8,44 | 11,82 | 7,83 |
| „ $D_8$ . . . . | 9,27 | 9,52 | 12,66 | 8,01 |
| „ $D_9$ . . . . | 11,13 | 8,13 | 16,26 | 8,60 |

Die starke Zunahme der Salzmengen von den Stationen $D_6$—$D_9$, die im Februar 1903 fast 5‰ beträgt, kann nur durch eine östlich gerichtete Tiefenströmung erklärt werden, die infolge der Erdrotation nach rechts abgelenkt wird.

## b. Dänisches Forschungsgebiet.

### 1. Ergebnisse der Temperatur- und Salzgehaltbeobachtungen.

August 1902 ist im Fehmarn- und Langelands-Belt von 10—20 m Tiefe eine starke Zunahme des Salzgehalts, verbunden mit einer Abnahme der Temperatur um 4°, gemessen; im Großen Belt ist ähnliches schon von 5—10 m Tiefe beobachtet.

Im November 1902 sind die Salzmengen im allgemeinen bedeutend größer als im August, sowohl an der Oberfläche, als auch in der Tiefe. Ein schnelles Anwachsen des Salzgehalts erfolgt im Fehmarn-Belt von 5—15 m Tiefe, im Großen Belt von 10—20 m (hier ist sogar eine Zunahme von 10‰).

Februar 1903 ist das Wasser im Fehmarn- und Langelands-Belt homohalin und homotherm; im Großen Belt lagern unterhalb dieser Deckschicht von 10 m Tiefe an warme, salzreiche Wassermengen (Zunahme des Salzgehalts um 6—7‰, der Temperatur um etwa 2°).

Im Mai 1903 wächst der Salzgehalt im Langelands-Belt von 20—30 m Tiefe um 7‰ bei einer Temperaturabnahme um 1°; im Großen Belt beträgt die Differenz innerhalb der Zone 10—20 m Tiefe 10‰.

### 2. Richtung, Ausdehnung und Geschwindigkeit der Tiefenströmungen in den einzelnen Jahreszeiten.

Die fast horizontale Lage der Isosteranomalen zwischen den Stationen $D_a$ 31[1]) und $D_a$ 26[2]) im August 1902 (Schnitt VIII) deutet auf einen geringen seitlichen Druck hin. Dem entsprechend ergibt sich aus den 350 Solenoiden zwischen den genannten Stationen, von der Oberfläche bis 20 m Tiefe, eine tangentiale Beschleunigung von nur 2 cm in 24 Stunden. Von $D_a$ 26 an nordwärts rücken die Linien gleicher Volumanomalien näher aneinander und richten sich auf, wodurch eine Zunahme der hydrodynamischen Kräfte bedingt wird. So findet man aus den 5365 Solenoiden zwischen den Stationen $D_a$ 26 und $D_a$ 22[3]) von der Oberfläche bis 15 m Tiefe, eine Beschleunigung von 32,7 cm in 24 Stunden. Die Isosteranomale 1000 dringt im August gegenüber den anderen Monaten am weitesten nach Süden vor infolge des starken seitlichen Druckes, der auf die tieferen Wasserschichten, zwischen den Stationen $D_a$ 22 und $D_a$ 26, in der Richtung nach Süden ausgeübt wird. Die Beschleunigung nimmt nämlich zwischen den genannten Stationen schnell mit der Tiefe zu. Wie wir oben sahen, beträgt sie bis 15 m Tiefe 32,7 cm: bis 20 m erreicht sie fast das doppelte Maß, nämlich 50,9 cm, bis 30 m 61,7 cm und endlich bis 40 m 70,9 cm in 24 Stunden. Hieraus resultiert der hohe Salzgehalt, der im August 1902 bei Station $D_a$ 31 in 30 m Tiefe konstatiert wurde. Im August 1902 beträgt der Salzgehalt 27,00‰, November 1902 22,05‰, Februar 1903 21,96‰ und Mai 1903 20,55‰.

[1]) Station $D_a$ 31 (dänische Station) liegt im Langelands-Belt westlich von Laaland.
[2]) Station $D_a$ 26 liegt im Großen Belt westlich von Seeland, unweit der Insel Romsö.
[3]) Station $D_a$ 22 liegt im Samsö-Belt, etwa 20 km östlich von der Insel Samsö.

Endlich sei noch darauf hingewiesen, daß auch die starke Zunahme des Salzgehaltes von 10—20 m Tiefe im Langelands- und von 5—10 m im Großen Belt durch die Lage der Isosteranomalen veranschaulicht wird.

Im November 1902 (Schnitt IX) haben sich die Linien gleicher Volumanomalien gegenüber August weiter nach Norden zurückgezogen. Die Linie 1000 erreicht nicht Station Da 30[1]). Auffällig dicht drängen sich zwischen den Stationen Da 27[2]) bis Da 22, in der Zone 10—20 m Tiefe, Wasserschichten von verschiedenem spezifischen Gewicht zusammen; die Isosteranomalen 500 und 1000 nähern sich hier bis auf einige wenige Meter, wodurch die oben angeführte Zunahme des Salzgehalts um 10‰ im Gebiete des Großen Belt (in der Zone 10—20 m Tiefe) graphisch dargestellt wird.

Interessant ist der häufige Wechsel in den Richtungen der hydrodynamischen Kräfte. In der folgenden Tabelle werde ich durch Pfeile die Richtung der tangentialen Beschleunigungen angeben, und zwar liegt Station Da 32[3]) im Süden, Da 22 im Norden, wodurch die Richtung der Pfeile verständlich wird.

| N | Da 22 | 24 | 25 | 27 | 28 | 30 | 31 | 32 | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| u[4]), in 20 m Tiefe . . . | → 26,8 | → 67,8 | ← 31,0 | ← 5,0 | ← 6,2 | → 10,8 | → 259,2 | | |
| u, in 30 m Tiefe . . . . | → 37,1 | → 114,1 | → 22,7 | | → 9,9 | → 15,1 | → 276,5 | | |

Im allgemeinen wird das Wasser nach Süden gedrängt, nur zwischen den Stationen 30 bis 25[5]) nach Norden. Aus dem verhältnismäßig geringen Salzgehalt der oberen Schichten bei den Stationen 25 und 27 glaube ich schließen zu dürfen, daß wir hier einen Zweig des auslaufenden Ostseestroms schneiden.

Eine Erhöhung des Salzgehalts durch die Tiefenströmung konnte bis zum Schnittpunkt des 55° n. Br. mit dem 11° ö. L. nachgewiesen werden.

Im Februar 1903 (Schnitt X) werden die Isosteranomalen 500 und 1000, die im November dicht nebeneinander verlaufen, durch eine Wasserschicht von großer Mächtigkeit getrennt; von Station Da 23[6]) an nordwärts nähern sie sich jedoch bis auf einen kleinen Raum.

Die tangentialen Beschleunigungen wechseln häufig die Richtungen:

| N | Da 22 | 23 | 24 | 25 | 27 | 28 | 30 | 31 | 32 | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| u, in 20 m Tiefe . . | → 123,1 | ← 25,9 | — 0 | → 10,8 | → 20,7 | ← 7,2 | | → 78,8 | | |
| u, in 30 m Tiefe . . | → 200,9 | ← 44,6 | → 27,7 | | → 25,3 | | | → 41 | → 145,1 | |

In 30 m Tiefe sind die hydrodynamischen Kräfte fast ohne Unterbrechung südwärts gerichtet, wodurch die Anhäufung salzreicher Wassermengen in größeren Tiefen verständlich wird. Ein ziemlich starker Gegendruck herrscht jedoch zwischen den Stationen 23 und 24[7]); in ihrem Bereich dehnt sich ein Minimum des Salzgehalts aus. Wahrscheinlich ist hier die Salzmenge, ähnlich wie im November bei den Stationen 25 und 27, durch ausfließendes Ostseewasser vermindert worden.

In keinem der bisher behandelten Monate ist der Verlauf der Isosteranomalen so unregelmäßig wie im Mai 1903. Die Linie 1500 liegt auf dem dynamischen Schnitt XI bedeutend tiefer, als auf den übrigen. Ihr wellenförmiger Verlauf läßt auf einen häufigen Wechsel in der Richtung der Druckkräfte schließen:

[1]) Da 30 liegt im Nordeingang des Langelands-Belt.
[2]) Da 27 liegt zwischen Korsör und Nyborg.
[3]) Da 32 liegt im Fehmarn-Belt zwischen Fehmarn und Laaland.
[4]) u = tangentiale Beschleunigung in cm nach 24 Stunden.
[5]) Station Da 25 hat fast dieselbe Lage wie 26.
[6]) Da 23 liegt im Samsö-Belt südöstlich von der Insel Samsö.
[7]) Station Da 24 liegt im Nordeingang des Großen Belt.

| | N | Da 22 | 23 | 24 | 26 | 27 | 28 | 30 | 31 | 32 | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| u, in 20 m Tiefe . . | → | 71,3 | ← 63,3 | → 96,7 | ← 203 | → 137 | → 21 | → 6,5 | ← 62,2 | | |
| u, in 30 m Tiefe . . | → | 64,8 | ← 37,4 | → 107,1 | → 118,8 | | → 54,3 | ← 26 | ← 70,8 | | |

Im Mai 1903 ist der Salzgehalt im Vergleich zu den anderen Monaten gering infolge der starken tangentialen Beschleunigungen in nördlicher Richtung. Der auslaufende Ostseestrom hat im Mai die größte Intensität.

## c. Kattegat.

Nachdem ich die hydrographischen Verhältnisse in der eigentlichen Ostsee und Beltsee eingehend behandelt habe, werde ich der Vollständigkeit halber noch kurz einige Bemerkungen zu den Beobachtungen im Kattegat hinzufügen.

Im August 1902 folgt auf warmes, leichtes Wasser der obersten Schichten in 10—15 m Tiefe schweres kaltes. Der Salzgehalt nimmt innerhalb 5 m 4 bis 5‰ zu. Im Kattegat ist bis nahe an die Einmündung ins Skagerak die Salzmenge im Vergleich zu den übrigen Monaten stark reduziert.

November 1902 beträgt der Salzgehalt bei den Stationen 14 und 15[1]) von der Oberfläche bis 40 m Tiefe 32‰. Vom 57° n. Br. an südwärts taucht die Isohaline 30 unter die Oberfläche, und liegt bei Station 18[2]), sowie bei 19 und 20 in 25 m, bei 21[3]) in 15 m Tiefe. Ähnlich wie südlich von Anholt, ist nördlich von Læsö ein Gebiet niedrigen Salzgehalts, und zwar auf dem 11½° ö. L. zwischen dem 57½° und 57¾° n. Br. In beiden Fällen wird der auslaufende Ostseestrom die Verminderung der Salzmengen hervorgerufen haben, denn die Stationen 18 bis 21 liegen nordwestlich vor dem Nordeingang in den Sund, dem Haupttor des ausfließenden, salzarmen Wassers; das nördliche Gebiet des Kattegats wird von dem Zweige des Ostseestroms berührt worden sein, welcher entlang der schwedischen Küste der Nordsee zustrebt.

Im Februar 1903 ist der Verlauf der Isohaline 30 derselbe wie im November. Im allgemeinen ist der Oberflächensalzgehalt etwas größer als im Herbst. Aus der Tatsache, daß sich im Winter das Gebiet niedrigen Salzgehalts nördlich von Læsö im Vergleich zum Herbst verkleinert hat, darf man schließen, daß der Ostseestrom an Intensität verloren hat.

Im Mai 1903 ist bei allen Stationen das Wasser der oberen Schichten salzarm. Die Isohaline 30 erreicht im südlichen Teil des Kattegats 25 m Tiefe, nähert sich aber je weiter nach Norden um so mehr der Oberfläche. Eine Erklärung hierfür ist unzweifelhaft in dem starken Druck des ausfließenden Wassers zu finden.

[1]) Die Stationen liegen östlich von Læsö.
[2]) Station Da 18 liegt nordöstlich von Anholt; 19 und 20 liegen ¼° resp. ½° südlich von genannter Insel.
[3]) Station Da 21 liegt im Nordeingang des Samsö-Belt.

Tabelle XI: **Winde und Ströme bei Station „Fehmarn-Belt".**

| Monat | Anzahl der Winde | | | | Monat | Anzahl der Ströme | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N | O | S | W | | N | O | S | W |
| April 1903 | 4 | 6 | 5 | 11 | April 1903 | 7 | 2 | 2 | 7 |
| Mai „ | 3 | 9 | 7 | 9 | Mai „ | 11 | 8 | 0 | 11 |
| Juni „ | 7 | 8 | 4 | 8 | Juni „ | 6 | 5 | 5 | 6 |
| Juli „ | 4 | 4 | 8 | 13 | Juli „ | 7 | 7 | 7 | 7 |

Tabelle XII: **Ströme bei Station „Stollergrund-Feuerschiff".**

| Monat | Anzahl der Ströme | | | | Monat | Anzahl der Ströme | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N | O | S | W | | N | O | S | W |
| August 1900 | 9 | 3 | 5 | 10 | Februar 1902 | 7 | 2 | 1 | 8 |
| September „ | 7 | 7 | 7 | 6 | März „ | 3 | 11 | 9 | 2 |
| Oktober „ | 4 | 9 | 9 | 7 | April „ | 8 | 2 | 2 | 9 |
| November „ | 12 | 3 | 3 | 10 | Mai „ | 2 | 6 | 7 | 3 |
| Dezember „ | 10 | 15 | 2 | 4 | Juni „ | — | — | — | — |
| Januar 1901 | 13 | 6 | 2 | 7 | Juli „ | 3 | 13 | 8 | 2 |
| Februar „ | 5 | 7 | 6 | 5 | August „ | 8 | 7 | 1 | 6 |
| März „ | 13 | 3 | 2 | 10 | September „ | 6 | 6 | 9 | 6 |
| April „ | 6 | 6 | 5 | 9 | Oktober „ | 6 | 6 | 5 | 9 |
| Mai „ | 7 | 3 | 3 | 15 | November „ | 12 | 6 | 1 | 7 |
| Juni „ | 9 | 5 | 5 | 9 | Dezember „ | 8 | 6 | 3 | 9 |
| Juli „ | 9 | 5 | 6 | 11 | Januar 1903 | 8 | 7 | 4 | 8 |
| August „ | 8 | 6 | 5 | 10 | Februar „ | 8 | 16 | 2 | 0 |
| September „ | 11 | 3 | 2 | 14 | März „ | 10 | 9 | 3 | 5 |
| Oktober „ | 7 | 4 | 3 | 10 | April „ | 4 | 9 | 7 | 3 |
| November „ | 4 | 10 | 6 | 4 | Mai „ | 6 | 3 | 7 | 8 |
| Dezember „ | 11 | 8 | 4 | 4 | Juni „ | 9 | 1 | 4 | 9 |
| Januar 1902 | 4 | 15 | 6 | 3 | Juli „ | 10 | 7 | 2 | 7 |

Tabelle XIII: **Ströme bei Station „Sonderburg".**

| Monat | Anzahl der Ströme | | | | Monat | Anzahl der Ströme | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | oben | | unten | | | oben | | unten | |
| | N | S | N | S | | N | S | N | S |
| August 1900 | 18 | 13 | 9 | 19 | Februar 1902 | 15 | 13 | 10 | 12 |
| September „ | 17 | 12 | 21 | 6 | März „ | 15 | 16 | 10 | 19 |
| Oktober „ | 19 | 12 | 9 | 15 | April „ | 19 | 11 | 14 | 10 |
| November „ | 19 | 8 | 11 | 9 | Mai „ | 15 | 15 | 7 | 13 |
| Dezember „ | 20 | 10 | 10 | 15 | Juni „ | 14 | 16 | 7 | 11 |
| Januar 1901 | 18 | 12 | 9 | 14 | Juli „ | 18 | 11 | 8 | 17 |
| Februar „ | 18 | 7 | 6 | 10 | August „ | 21 | 9 | 9 | 14 |
| März „ | 14 | 15 | 7 | 16 | September „ | 17 | 11 | 8 | 11 |
| April „ | 18 | 11 | 10 | 13 | Oktober „ | 21 | 9 | 11 | 10 |
| Mai „ | 16 | 15 | 11 | 15 | November „ | 24 | 6 | 13 | 8 |
| Juni „ | 19 | 11 | 9 | 14 | Dezember „ | 14 | 16 | 11 | 13 |
| Juli „ | 16 | 14 | 10 | 17 | Januar 1903 | 16 | 13 | 9 | 11 |
| August „ | 21 | 9 | 13 | 9 | Februar „ | 16 | 12 | 12 | 13 |
| September „ | 18 | 12 | 11 | 11 | März „ | 19 | 11 | 7 | 16 |
| Oktober „ | 18 | 13 | 12 | 14 | April „ | 13 | 15 | 7 | 16 |
| November „ | 19 | 11 | 13 | 12 | Mai „ | 16 | 14 | 5 | 17 |
| Dezember „ | 18 | 12 | 13 | 15 | Juni „ | 18 | 11 | 8 | 12 |
| Januar 1902 | 10 | 19 | 7 | 15 | Juli „ | 21 | 9 | 9 | 16 |

# Dekadenmittel

für Salzgehalt und Temperatur des Wassers bei den Stationen:

„Sonderburg“, „Stollergrund-Feuerschiff“, „Adlergrund-Feuerschiff“ und „Fehmarn-Belt“.

Tabelle A: **Dekadenmittel für Salzgehalt und Temperatur des Wassers. Station „Sonderburg“.** [1])

| Monat | Dekade | 1900 oben | | 1900 unten | | 1901 oben | | 1901 unten | | 1902 oben | | 1902 unten | | 1903 oben | | 1903 unten | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. |
| Januar | 1 | | - | — | | 18,29 | 2,5 | 20,20 | 4,2 | 18,13 | 3,8 | 19,38 | 3,7 | 17,44 | 2,4 | 19,47 | 2,7 |
| | 2 | — | — | | — | 18,77 | 0,8 | 19,64 | 1,7 | 18,45 | 3,3 | 19,93 | 3,5 | 18,05 | 1,4 | 18,94 | 2,4 |
| | 3 | — | — | - | — | 17,51 | 1,3 | 18,38 | 1,6 | 19,94 | 3,1 | 20,25 | 3,2 | 18,30 | 0,8 | 18,99 | 1,3 |
| Februar | 1 | — | — | — | - | 18,17 | 0,5 | 18,98 | 1,6 | 20,30 | 1,8 | 20,52 | 2,1 | 18,68 | 1,8 | 18,84 | 1,8 |
| | 2 | - | — | — | - | 18,56 | 0,2 | 18,68 | 0,5 | 18,92 | 0,5 | 20,25 | 1,1 | 19,98 | 2,3 | 20,24 | 2,3 |
| | 3 | — | — | - | — | 18,56 | 0,0 | 18,83 | 0,2 | 15,09 | 0,3 | 18,67 | 0,7 | 20,49 | 3,0 | 20,71 | 2,7 |
| März | 1 | — | — | - | — | 18,38 | 0,8 | 18,85 | 0,6 | 12,78 | 1,2 | 15,99 | 0,5 | 20,82 | 3,1 | 22,63 | 3,1 |
| | 2 | — | | — | — | 16,60 | 1,5 | 17,84 | 1,2 | 13,73 | 1,5 | 16,84 | 1,0 | 20,66 | 3,2 | 21,89 | 3,2 |
| | 3 | — | — | - | | 14,78 | 1,5 | 15,43 | 1,5 | 15,02 | 2,8 | 18,43 | 1,6 | 17,06 | 4,8 | 19,56 | 4,4 |
| April | 1 | — | — | | — | 15,19 | 2,6 | 15,86 | 2,2 | 15,97 | 3,0 | 17,80 | 2,1 | 16,93 | 5,3 | 19,19 | 4,6 |
| | 2 | - | — | — | | 15,73 | 3,6 | 16,90 | 2,5 | 16,27 | 4,2 | 17,82 | 3,2 | 18,13 | 5,6 | 19,41 | 4,8 |
| | 3 | — | — | — | — | 15,88 | 6,2 | 18,03 | 3,9 | 15,29 | 6,0 | 16,84 | 5,3 | 18,36 | 5,9 | 19,31 | 5,0 |
| Mai | 1 | — | — | — | — | 15,93 | 8,3 | 16,60 | 7,9 | 13,73 | 6,7 | 15,58 | 6,1 | 17,25 | 8,3 | 19,27 | 6,0 |
| | 2 | — | - | — | — | 14,12 | 11,7 | 15,54 | 9,0 | 14,73 | 7,7 | 16,65 | 5,8 | 12,82 | 9,0 | 16,90 | 8,4 |
| | 3 | - | — | — | — | 13,92 | 12,9 | 16,50 | 9,0 | 16,10 | 8,9 | 17,70 | 6,2 | 13,79 | 12,5 | 17,62 | 8,3 |
| Juni | 1 | — | - | - | — | 14,22 | 15,3 | 15,97 | 10,3 | 16,02 | 13,2 | 18,96 | 7,4 | 13,70 | 15,2 | 15,66 | 11,3 |
| | 2 | — | — | — | — | 14,67 | 13,0 | 18,73 | 7,4 | 16,47 | 13,4 | 18,45 | 9,3 | 12,75 | 15,3 | 14,32 | 13,2 |
| | 3 | — | — | | — | 15,63 | 14,7 | 19,84 | 8,7 | 15,52 | 16,7 | 17,64 | 10,9 | 12,54 | 15,9 | 13,86 | 14,4 |
| Juli | 1 | | — | - | — | 16,27 | 16,7 | 21,59 | 10,2 | 16,53 | 15,1 | 18,90 | 10,1 | 12,83 | 16,7 | 15,93 | 12,1 |
| | 2 | - | | - | - | 15,75 | 19,3 | 20,28 | 11,9 | 17,69 | 13,8 | 21,66 | 9,1 | 13,31 | 15,9 | 19,74 | 9,7 |
| | 3 | — | — | — | — | 14,64 | 21,1 | 18,74 | 15,6 | 18,55 | 14,8 | 21,42 | 10,9 | 13,19 | 17,4 | 20,50 | 10,1 |
| August | 1 | 16,89 | 16,2 | 20,02 | 12,9 | 14,67 | 20,1 | 19,30 | 15,2 | 18,58 | 14,4 | 19,95 | 13,1 | — | — | — | — |
| | 2 | 16,79 | 16,7 | 20,59 | 13,7 | 14,07 | 19,9 | 20,87 | 15,1 | 19,15 | 13,7 | 20,76 | 13,0 | — | — | — | |
| | 3 | 15,59 | 18,1 | 19,58 | 15,2 | 15,56 | 17,1 | 20,52 | 15,4 | 18,95 | 14,3 | 20,95 | 13,0 | — | — | — | — |
| September | 1 | 16,00 | 16,2 | 19,03 | 15,1 | 17,40 | 14,6 | 22,40 | 13,6 | 15,60 | 15,5 | 19,51 | 14,8 | — | — | - | — |
| | 2 | 16,28 | 15,5 | 20,42 | 14,2 | 16,88 | 14,2 | 19,29 | 14,2 | 15,40 | 13,9 | 19,00 | 14,1 | — | — | — | — |
| | 3 | 17,24 | 15,1 | 19,43 | 14,9 | 16,92 | 14,9 | 17,61 | 14,7 | 16,86 | 12,3 | 20,16 | 12,7 | — | - | — | — |
| Oktober | 1 | 18,19 | 13,7 | 19,74 | 13,9 | 15,94 | 14,5 | 16,97 | 14,8 | 16,07 | 10,9 | 17,88 | 11,4 | | — | — | — |
| | 2 | 19,15 | 12,1 | 20,02 | 12,5 | 16,74 | 12,9 | 19,88 | 13,4 | 15,23 | 10,1 | 16,68 | 10,2 | — | | — | — |
| | 3 | 19,60 | 10,2 | 20,65 | 10,9 | 16,85 | 11,9 | 17,78 | 12,2 | 15,50 | 9,3 | 17,00 | 10,0 | — | — | — | — |
| November | 1 | 19,50 | 9,0 | 20,26 | 9,6 | 17,61 | 10,1 | 19,00 | 11,7 | 16,54 | 8,6 | 18,92 | 9,5 | — | — | — | — |
| | 2 | 19,06 | 7,9 | 19,54 | 8,2 | 19,56 | 9,3 | 22,23 | 10,8 | 16,81 | 7,5 | 18,74 | 8,2 | — | — | — | — |
| | 3 | 15,38 | 6,4 | 17,07 | 6,9 | 20,88 | 8,4 | 21,42 | 9,2 | 17,04 | 5,4 | 17,56 | 5,7 | — | — | — | — |
| Dezember | 1 | 14,99 | 5,5 | 15,44 | 5,9 | 21,86 | 6,7 | 22,61 | 7,3 | 16,97 | 2,9 | 17,11 | 3,1 | — | — | — | — |
| | 2 | 15,60 | 5,6 | 16,00 | 5,8 | 21,92 | 4,7 | 22,31 | 5,1 | 16,51 | 1,5 | 16,77 | 1,6 | — | — | — | — |
| | 3 | 17,87 | 5,8 | 19,96 | 6,5 | 21,90 | 3,4 | 22,97 | 3,6 | 16,47 | 1,6 | 16,83 | 1,8 | — | — | — | — |

[1]) Die Beobachtungen wurden vormittags gemacht.

Tabelle $B_1$: **Dekadenmittel für Salzgehalt und Temperatur des Wassers an der Oberfläche. Station „Stollergrund-Feuerschiff".**

| Monat | Dekade | 1900 a. m. Salzgeh. bei 17,5‰ | 1900 a. m. Temper. | 1900 p. m.[1] Salzgeh. bei 17,5‰ | 1900 p. m.[1] Temper. | 1901 a. m. Salzgeh. bei 17,5‰ | 1901 a. m. Temper. | 1901 p. m. Salzgeh. bei 17,5‰ | 1901 p. m. Temper. | 1902 a. m. Salzgeh. bei 17,5‰ | 1902 a. m. Temper. | 1902 p. m. Salzgeh. bei 17,5 | 1902 p. m. Temper. | 1903 a. m. Salzgeh bei 17,5‰ | 1903 a. m. Temper. | 1903 p. m. Salzgeh. bei 17,5‰ | 1903 p. m. Temper. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Januar | 1 | — | — | — | — | 19,08 | 2,3 | 19,06 | 2,5 | 15,92 | 4,1 | 16,67 | 4,1 | 16,55 | 2,5 | 16,48 | 2,7 |
| | 2 | — | — | — | — | 18,14 | 1,3 | 18,01 | 1,5 | 18,30 | 3,6 | 18,38 | 3,4 | 17,18 | 1,4 | 17,08 | 1,5 |
| | 3 | — | — | — | — | 17,79 | 1,6 | 17,72 | 1,9 | 19,79 | 3,0 | 19,75 | 3,1 | 17,19 | 1,3 | 17,29 | 1,3 |
| Februar | 1 | — | — | — | — | 17,96 | 0,9 | 18,00 | 1,1 | 19,88 | 1,4 | 19,79 | 1,5 | 17,76 | 2,2 | 17,85 | 2,1 |
| | 2 | — | — | — | — | 18,13 | 0,1 | 18,10 | 0,2 | 19,50 | 0,5 | 19,68 | 0,6 | 18,82 | 2,2 | 18,84 | 2,3 |
| | 3 | — | — | — | — | 18,02 | 0,4 | 18,09 | 0,0 | 18,96 | 0,6 | 18,89 | 0,7 | 20,48 | 3,0 | 20,51 | 3,1 |
| März | 1 | — | — | — | — | 18,05 | 0,6 | 18,05 | 1,0 | 13,00 | 1,2 | 12,00 | 1,5 | 21,35 | 3,0 | 21,35 | 3,3 |
| | 2 | — | — | — | — | 15,93 | 1,4 | 16,18 | 1,6 | 12,58 | 1,2 | 12,90 | 1,5 | 21,17 | 3,0 | 21,20 | 3,1 |
| | 3 | — | — | — | — | 14,44 | 1,0 | 14,38 | 1,5 | 14,06 | 2,4 | 14,10 | 2,7 | 14,96 | 4,5 | 15,37 | 5,1 |
| April | 1 | — | — | — | — | 15,11 | 2,4 | 15,31 | 2,8 | 15,35 | 2,8 | 15,43 | 3,2 | 16,20 | 4,8 | 16,23 | 5,3 |
| | 2 | — | — | — | — | 15,11 | 3,5 | 15,14 | 4,0 | 15,43 | 3,9 | 15,77 | 4,2 | 17,16 | 4,8 | 17,15 | 5,4 |
| | 3 | — | — | — | — | 15,36 | 5,2 | 15,43 | 5,6 | 14,42 | 5,2 | 14,42 | 5,9 | 17,38 | 5,5 | 17,31 | 6,0 |
| Mai | 1 | — | — | — | — | 15,10 | 7,5 | 15,13 | 8,4 | 13,93 | 6,1 | 13,88 | 6,8 | 16,83 | 7,2 | 16,69 | 7,7 |
| | 2 | — | — | — | — | 12,41 | 10,0 | 12,38 | 11,2 | 14,10 | 7,1 | 14,06 | 7,5 | 12,64 | 8,4 | 12,40 | 9,1 |
| | 3 | — | — | — | — | 12,41 | 11,6 | 12,46 | 12,4 | 16,42 | 8,8 | 16,48 | 9,2 | 12,56 | 10,9 | 12,59 | 11,9 |
| Juni | 1 | — | — | — | — | 12,58 | 14,4 | 12,34 | 15,3 | 14,80 | 11,8 | 15,04 | 12,2 | 11,37 | 13,4 | 11,30 | 14,0 |
| | 2 | — | — | — | — | 13,19 | 13,7 | 13,40 | 14,2 | 13,56 | 13,1 | 13,36 | 13,5 | 10,95 | 13,7 | 11,03 | 14,0 |
| | 3 | — | — | — | — | 14,51 | 14,5 | 14,60 | 15,2 | 11,52 | 16,5 | 11,36 | 17,5 | 10,59 | 14,6 | 10,67 | 15,4 |
| Juli | 1 | — | — | — | — | 15,10 | 16,4 | 15,03 | 17,3 | 12,88 | 16,6 | 12,93 | 16,8 | 11,03 | 13,0 | 10,98 | 13,1 |
| | 2 | — | — | — | — | 13,30 | 19,1 | 12,99 | 19,7 | 15,41 | 15,1 | 15,64 | 15,3 | 11,45 | 11,2 | 11,51 | 11,2 |
| | 3 | — | — | — | — | 12,59 | 19,5 | 12,22 | 20,6 | 16,09 | 15,6 | 16,06 | 15,9 | 13,15 | 10,0 | 13,07 | 10,1 |
| August | 1 | 15,64 | 16,1 | 15,16 | 16,5 | 11,47 | 19,9 | 11,18 | 20,2 | 15,31 | 15,6 | 15,10 | 15,6 | — | — | — | — |
| | 2 | 15,42 | 16,8 | 15,49 | 17,4 | 13,13 | 19,3 | 12,94 | 20,2 | 16,37 | 14,2 | 16,40 | 14,4 | — | — | — | — |
| | 3 | 13,03 | 17,6 | 13,00 | 18,1 | 13,31 | 17,9 | 13,36 | 18,3 | 16,47 | 14,1 | 16,51 | 14,8 | — | — | — | — |
| September | 1 | 13,02 | 16,1 | 13,05 | 16,0 | 15,52 | 15,1 | 15,72 | 15,4 | 14,63 | 15,4 | 14,18 | 15,7 | — | — | — | — |
| | 2 | 13,34 | 15,2 | 13,66 | 15,8 | 15,89 | 14,1 | 15,91 | 14,5 | 13,18 | 13,5 | 13,35 | 13,5 | — | — | — | — |
| | 3 | 14,43 | 14,6 | 14,30 | 15,1 | 15,73 | 14,4 | 15,44 | 15,1 | 15,69 | 11,9 | 15,93 | 12,5 | — | — | — | — |
| Oktober | 1 | 16,39 | 13,8 | 16,54 | 14,6 | 15,30 | 14,1 | 15,67 | 14,2 | 15,62 | 10,7 | 15,73 | 10,6 | — | — | — | — |
| | 2 | 17,61 | 11,9 | 17,57 | 12,0 | 16,55 | 12,5 | 16,64 | 12,5 | 15,67 | 10,3 | 15,50 | 10,4 | — | — | — | — |
| | 3 | 18,10 | 10,1 | 18,13 | 10,2 | 16,82 | 11,5 | 16,91 | 11,7 | 15,67 | 9,4 | 15,64 | 9,6 | — | — | — | — |
| November | 1 | 18,19 | 9,0 | 18,20 | 9,4 | 17,28 | 9,5 | 17,36 | 9,7 | 15,88 | 8,3 | 15,91 | 8,5 | — | — | — | — |
| | 2 | 18,46 | 8,3 | 18,48 | 8,4 | 18,45 | 8,4 | 18,55 | 8,5 | 17,09 | 7,0 | 17,15 | 7,1 | — | — | — | — |
| | 3 | 17,54 | 7,5 | 17,48 | 7,6 | 19,54 | 6,6 | 19,67 | 6,9 | 16,90 | 4,4 | 16,91 | 4,6 | — | — | — | — |
| Dezember | 1 | 15,96 | 6,0 | 15,98 | 6,3 | 20,93 | 5,7 | 20,87 | 5,7 | 15,71 | 3,3 | 15,75 | 3,3 | — | — | — | — |
| | 2 | 15,78 | 5,8 | 15,77 | 6,0 | 21,58 | 3,6 | 21,48 | 3,7 | 15,66 | 2,4 | 15,52 | 2,6 | — | — | — | — |
| | 3 | 16,75 | 5,4 | 16,86 | 5,4 | 21,52 | 3,3 | 21,65 | 3,3 | 15,94 | 2,4 | 15,84 | 2,4 | — | — | — | — |

[1]) a. m. = vormittags
p. m. = nachmittags.

Tabelle $B_2$: **Dekadenmittel für Salzgehalt und Temperatur des Wassers am Boden. Station „Stollergrund-Feuerschiff".**

| Monat | Dekade | 1900 a. m. Salzgeh. bei 17,5° | 1900 a. m. Temper. | 1900 p. m.[1] Salzgeh. bei 17,5° | 1900 p. m.[1] Temper. | 1901 a. m. Salzgeh. bei 17,5° | 1901 a. m. Temper. | 1901 p. m. Salzgeh. bei 17,5° | 1901 p. m. Temper. | 1902 a. m. Salzgeh. bei 17,5° | 1902 a. m. Temper. | 1902 p. m. Salzgeh. bei 17,5° | 1902 p. m. Temper. | 1903 a. m. Salzgeh. bei 17,5° | 1903 a. m. Temper. | 1903 p. m. Salzgeh. bei 17,5° | 1903 p. m. Temper. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Januar | 1 | — | — | — | — | 20,21 | 4,3 | 20,50 | 3,3 | 19,77 | 3,7 | 19,80 | 3,9 | 16,56 | 2,3 | 16,62 | 2,3 |
| | 2 | — | — | — | — | 19,54 | 2,3 | 19,56 | 2,0 | 18,57 | 3,3 | 18,55 | 3,4 | 17,22 | 1,8 | 17,15 | 1,8 |
| | 3 | — | — | — | — | 18,63 | 1,9 | 18,67 | 1,9 | 19,67 | 3,2 | 19,78 | 3,1 | 17,48 | 1,1 | 17,47 | 1,0 |
| Februar | 1 | — | — | — | — | 18,12 | 1,4 | 18,29 | 1,3 | 19,89 | 2,1 | 19,81 | 2,0 | 17,89 | 1,6 | 17,87 | 1,7 |
| | 2 | — | — | — | — | 18,22 | 0,2 | 18,21 | 0,1 | 20,05 | 0,8 | 19,97 | 0,7 | 18,82 | 2,0 | 18,84 | 2,0 |
| | 3 | — | — | — | — | 18,18 | −0,3 | 18,22 | −0,5 | 19,75 | 0,8 | 19,81 | 0,8 | 20,43 | 2,1 | 20,41 | 2,1 |
| März | 1 | — | — | — | — | 18,29 | 0,3 | 18,29 | 0,3 | 18,41 | 0,9 | 18,27 | 1,0 | 21,31 | 2,8 | 21,30 | 2,8 |
| | 2 | — | — | — | — | 18,33 | 0,7 | 18,25 | 0,8 | 18,00 | 1,2 | 17,93 | 1,2 | 21,31 | 2,9 | 21,31 | 2,9 |
| | 3 | — | — | — | — | 16,35 | 1,2 | 16,38 | 1,3 | 18,00 | 1,6 | 17,88 | 1,6 | 20,47 | 3,5 | 20,51 | 3,6 |
| April | 1 | — | — | — | — | 16,00 | 2,0 | 16,23 | 2,2 | 15,88 | 2,5 | 15,90 | 2,6 | 18,11 | 4,4 | 18,04 | 4,6 |
| | 2 | — | — | — | — | 15,70 | 2,8 | 15,76 | 2,8 | 16,53 | 3,4 | 16,40 | 3,5 | 17,45 | 4,8 | 17,46 | 5,0 |
| | 3 | — | — | — | — | 16,73 | 3,6 | 16,68 | 3,8 | 15,87 | 4,2 | 15,91 | 4,2 | 17,59 | 5,1 | 17,49 | 5,3 |
| Mai | 1 | — | — | — | — | 15,93 | 5,6 | 15,98 | 5,6 | 15,49 | 5,1 | 15,46 | 5,0 | 17,21 | 6,0 | 17,14 | 6,1 |
| | 2 | — | — | — | — | 15,29 | 6,9 | 14,87 | 6,5 | 15,25 | 5,8 | 15,27 | 5,6 | 16,23 | 7,3 | 15,89 | 7,5 |
| | 3 | — | — | — | — | 15,56 | 8,7 | 15,76 | 8,5 | 16,97 | 6,2 | 17,03 | 6,2 | 14,61 | 9,1 | 14,73 | 9,6 |
| Juni | 1 | — | — | — | — | 15,99 | 8,4 | 16,01 | 8,4 | 17,29 | 7,0 | 17,54 | 7,1 | 13,70 | 11,5 | 13,72 | 11,7 |
| | 2 | — | — | — | — | 16,47 | 9,1 | 17,09 | 9,7 | 17,48 | 8,1 | 17,92 | 7,9 | 12,60 | 11,6 | 12,85 | 11,4 |
| | 3 | | — | — | - | 19,25 | 8,6 | 19,40 | 8,9 | 16,05 | 10,3 | 15,89 | 10,4 | 11,42 | 12,4 | 11,60 | 12,7 |
| Juli | 1 | — | — | — | — | 18,39 | 11,0 | 18,35 | 11,0 | 15,77 | 12,7 | 15,64 | 13,2 | 12,44 | 13,1 | 12,22 | 13,1 |
| | 2 | — | — | — | — | 18,22 | 13,5 | 18,15 | 13,7 | 17,20 | 13,8 | 17,15 | 14,1 | 12,63 | 11,4 | 12,47 | 11,3 |
| | 3 | — | — | — | — | 18,17 | 14,9 | 18,21 | 14,9 | 19,91 | 13,1 | 19,39 | 13,5 | 17,53 | 10,1 | 17,73 | 10,1 |
| August | 1 | 21,45 | 10,3 | 21,35 | 10,5 | 14,93 | 17,8 | 14,96 | 19,3 | 19,84 | 13,8 | 19,68 | 13,9 | — | — | — | — |
| | 2 | 19,29 | 12,2 | 19,30 | 12,2 | 20,07 | 14,9 | 20,02 | 15,0 | 18,59 | 13,7 | 18,41 | 13,9 | — | — | — | — |
| | 3 | 18,63 | 13,0 | 18,38 | 13,6 | 17,04 | 15,3 | 17,70 | 14,9 | 17,74 | 13,4 | 17,73 | 13,4 | — | — | — | — |
| September | 1 | 16,91 | 14,4 | 17,45 | 15,2 | 19,11 | 14,0 | 19,24 | 14,2 | 19,14 | 13,4 | 19,22 | 13,3 | — | — | — | — |
| | 2 | 16,23 | 14,9 | 16,25 | 15,1 | 17,87 | 13,9 | 17,43 | 14,1 | 15,75 | 13,6 | 14,94 | 13,7 | — | — | — | — |
| | 3 | 18,38 | 14,1 | 18,23 | 14,3 | 17,64 | 14,3 | 17,77 | 14,4 | 17,31 | 12,4 | 17,41 | 12,5 | — | — | — | — |
| Oktober | 1 | 19,69 | 13,2 | 20,04 | 13,5 | 17,52 | 14,1 | 17,46 | 14,0 | 16,01 | 10,7 | 15,88 | 11,1 | — | — | — | — |
| | 2 | 18,64 | 12,6 | 18,30 | 2,5 | 17,29 | 13,2 | 17,80 | 13,0 | 15,75 | 10,3 | 15,79 | 10,4 | — | | — | — |
| | 3 | 18,93 | 10,8 | 18,87 | 10,7 | 19,90 | 12,8 | 20,13 | 12,8 | 15,79 | 9,5 | 15,69 | 9,6 | — | — | — | — |
| November | 1 | 19,81 | 9,5 | 19,58 | 9,4 | 20,26 | 11,8 | 20,12 | 11,8 | 16,35 | 8,6 | 16,39 | 8,6 | | — | — | — |
| | 2 | 19,06 | 8,5 | 19,36 | 8,7 | 19,04 | 9,3 | 19,27 | 9,3 | 17,92 | 7,6 | 17,71 | 7,5 | - | — | — | — |
| | 3 | 18,43 | 7,8 | 18,48 | 7,8 | 20,05 | 7,6 | 19,85 | 7,5 | 17,18 | 5,0 | 17,16 | 4,9 | — | — | — | — |
| Dezember | 1 | 17,38 | 6,6 | 17,37 | 6,5 | 21,12 | 6,1 | 21,10 | 6,0 | 15,98 | 3,6 | 16,08 | 3,5 | — | — | — | — |
| | 2 | 16,55 | 5,7 | 16,63 | 5,7 | 21,60 | 4,2 | 21,68 | 4,1 | 16,06 | 2,3 | 16,04 | 2,2 | — | — | — | — |
| | 3 | 18,63 | 5,7 | 18,89 | 5,6 | 22,10 | 3,2 | 22,26 | 3,4 | 15,91 | 2,2 | 15,90 | 2,2 | — | — | — | — |

[1]) a. m. = vormittags,
p. m. = nachmittags.

Tabelle $B_3$: **Dekadenmittel für Salzgehalt und Temperatur des Wassers.** [1]) **Station „Stollergrund-Feuerschiff".**

| Monat | Dekade | 1900 oben | | 1900 unten | | 1901 oben | | 1901 unten | | 1902 oben | | 1902 unten | | 1903 oben | | 1903 unten | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. |
| Januar | 1 | — | — | — | — | 19,07 | 2,4 | 20,35 | 3,8 | 16,79 | 4,1 | 19,78 | 3,8 | 16,51 | 2,6 | 16,59 | 2,3 |
| | 2 | — | — | — | — | 18,07 | 1,4 | 19,55 | 2,1 | 18,34 | 3,5 | 18,56 | 3,3 | 17,13 | 1,4 | 17,18 | 1,8 |
| | 3 | — | — | — | — | 17,75 | 1,7 | 18,65 | 1,9 | 19,77 | 3,0 | 19,72 | 3,1 | 17,24 | 1,3 | 17,47 | 1,0 |
| Februar | 1 | — | — | — | — | 17,98 | 1,0 | 18,20 | 1,3 | 19,83 | 1,4 | 19,85 | 2,0 | 17,80 | 2,1 | 17,88 | 1,6 |
| | 2 | — | — | — | — | 18,11 | 0,0 | 18,21 | 0,1 | 19,59 | 0,5 | 20,01 | 0,7 | 18,83 | 2,2 | 18,83 | 2,0 |
| | 2 | — | — | — | — | 18,05 | −0,2 | 18,20 | −0,4 | 18,92 | 0,6 | 19,78 | 0,8 | 20,49 | 3,0 | 20,42 | 2,1 |
| März | 1 | — | — | — | — | 18,05 | 0,8 | 18,29 | 0,3 | 12,50 | 1,3 | 18,34 | 0,9 | 21,35 | 3,1 | 21,30 | 2,8 |
| | 2 | — | — | — | — | 16,05 | 1,5 | 18,29 | 0,7 | 12,74 | 1,3 | 17,96 | 1,2 | 21,18 | 3,0 | 21,31 | 2,9 |
| | 3 | — | — | — | — | 14,41 | 1,2 | 16,36 | 1,2 | 14,08 | 2,5 | 17,94 | 1,6 | 15,16 | 4,8 | 20,49 | 3,5 |
| April | 1 | — | — | — | — | 15,21 | 2,6 | 16,12 | 2,1 | 15,39 | 3,0 | 15,89 | 2,5 | 16,21 | 5,0 | 18,07 | 4,5 |
| | 2 | — | — | — | — | 15,12 | 3,7 | 15,73 | 2,8 | 15,60 | 4,0 | 16,46 | 3,4 | 17,15 | 5,1 | 17,45 | 4,9 |
| | 3 | — | — | — | — | 15,39 | 5,4 | 16,70 | 3,7 | 14,42 | 5,5 | 15,89 | 4,2 | 17,34 | 5,7 | 17,54 | 5,2 |
| Mai | 1 | — | — | — | — | 15,11 | 7,9 | 15,95 | 5,6 | 11,88 | 6,4 | 15,47 | 5,0 | 16,76 | 7,4 | 17,17 | 6,0 |
| | 2 | — | — | — | — | 12,39 | 10,6 | 15,08 | 6,7 | 14,08 | 7,3 | 15,26 | 5,7 | 12,52 | 8,7 | 16,06 | 7,4 |
| | 3 | — | — | — | — | 12,43 | 12,0 | 15,66 | 8,6 | 16,45 | 9,0 | 17,00 | 6,2 | 12,57 | 11,4 | 14,67 | 9,3 |
| Juni | 1 | — | — | — | — | 12,46 | 14,8 | 16,00 | 8,4 | 14,92 | 12,0 | 17,41 | 7,0 | 11,33 | 13,7 | 13,71 | 11,6 |
| | 2 | — | — | — | — | 13,29 | 13,9 | 16,78 | 9,4 | 13,46 | 13,3 | 17,70 | 8,0 | 10,99 | 13,8 | 12,72 | 11,5 |
| | 3 | — | — | — | — | 14,55 | 14,8 | 19,32 | 8,7 | 11,44 | 17,0 | 15,97 | 10,3 | 10,63 | 15,0 | 11,51 | 12,5 |
| Juli | 1 | — | — | — | — | 15,06 | 16,8 | 18,37 | 11,0 | 12,90 | 16,7 | 15,70 | 12,9 | 11,00 | 13,0 | 12,33 | 13,1 |
| | 2 | — | — | — | — | 13,14 | 19,4 | 18,18 | 13,6 | 15,52 | 15,2 | 17,17 | 13,9 | 11,48 | 11,2 | 12,55 | 11,3 |
| | 3 | — | — | — | — | 12,40 | 20,0 | 18,19 | 14,9 | 16,07 | 15,7 | 19,65 | 13,3 | 13,11 | 10,0 | 17,63 | 10,1 |
| August | 1 | 15,15 | 16,3 | 21,40 | 10,4 | 11,32 | 20,0 | 14,94 | 18,5 | 15,20 | 15,6 | 19,76 | 13,8 | — | — | — | — |
| | 2 | 15,45 | 17,1 | 19,29 | 12,2 | 13,03 | 19,7 | 20,04 | 14,9 | 16,38 | 14,3 | 18,50 | 13,8 | - | — | - | |
| | 3 | 13,01 | 17,8 | 18,50 | 13,3 | 13,33 | 18,1 | 17,37 | 15,1 | 16,49 | 14,4 | 17,73 | 13,4 | — | — | | |
| September | 1 | 13,03 | 16,0 | 17,18 | 14,8 | 15,62 | 15,2 | 19,17 | 14,1 | 14,40 | 15,5 | 19,18 | 13,3 | — | — | — | — |
| | 2 | 13,50 | 15,6 | 16,24 | 15,0 | 15,90 | 14,3 | 17,65 | 14,0 | 13,26 | 13,5 | 15,84 | 13,6 | — | — | — | — |
| | 3 | 14,36 | 14,8 | 18,30 | 14,2 | 15,58 | 14,7 | 17,70 | 14,3 | 15,81 | 12,2 | 17,36 | 12,4 | — | — | — | - |
| Oktober | 1 | 16,46 | 14,2 | 19,86 | 13,3 | 15,48 | 14,1 | 17,49 | 14,0 | 15,76 | 10,6 | 15,94 | 10,9 | — | — | — | — |
| | 2 | 17,59 | 11,9 | 18,47 | 12,5 | 16,59 | 12,5 | 17,54 | 13,1 | 15,58 | 10,3 | 15,77 | 10,3 | — | — | | |
| | 3 | 18,11 | 10,1 | 18,90 | 10,7 | 16,86 | 11,6 | 20,01 | 12,8 | 15,65 | 9,5 | 15,74 | 9,5 | — | — | — | — |
| November | 1 | 18,19 | 9,2 | 19,69 | 9,4 | 17,32 | 9,6 | 20,19 | 11,8 | 15,89 | 8,4 | 16,37 | 8,6 | — | — | — | — |
| | 2 | 18,47 | 8,3 | 19,21 | 8,6 | 18,50 | 8,4 | 19,15 | 9,3 | 17,12 | 7,0 | 17,81 | 7,5 | — | — | | |
| | 3 | 17,51 | 7,5 | 18,45 | 7,8 | 19,60 | 6,7 | 19,95 | 7,5 | 16,90 | 4,5 | 17,17 | 4,9 | — | - | — | |
| Dezember | 1 | 15,97 | 6,1 | 17,37 | 6,5 | 20,90 | 5,7 | 21,11 | 6,0 | 15,73 | 3,3 | 16,03 | 3,5 | — | — | — | — |
| | 2 | 15,77 | 5,9 | 16,59 | 5,7 | 21,53 | 3,6 | 21,64 | 4,1 | 15,59 | 2,5 | 16,05 | 2,2 | — | — | — | — |
| | 8 | 16,80 | 5,4 | 18,76 | 5,6 | 21,58 | 3,3 | 22,18 | 3,3 | 15,89 | 2,4 | 15,90 | 2,2 | — | — | — | — |

[1]) Die Zahlen sind die Mittelwerte aus den Vormittags- und Nachmittagsbeobachtungen.

Tabelle $C_1$: **Dekadenmittel für Salzgehalt und Temperatur des Wassers an der Oberfläche. Station „Adlergrund-Feuerschiff".**

| Monat | Dekade | 1900 a. m. Salzgeh. bei 17,5° | 1900 a. m. Temper. | 1900 p. m.[1] Salzgeh. bei 17,5° | 1900 p. m.[1] Temper. | 1901 a. m. Salzgeh. bei 17,5° | 1901 a. m. Temper. | 1901 p. m. Salzgeh. bei 17,5° | 1901 p. m. Temper. | 1902 a. m. Salzgeh. bei 17,5° | 1902 a. m. Temper. | 1902 p. m. Salzgeh. bei 17,5° | 1902 p. m. Temper. | 1903 a. m. Salzgeh. bei 17,5° | 1903 a. m. Temper. | 1903 p. m. Salzgeh. bei 17,5° | 1903 p. m. Temper. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Januar | 1 | — | — | — | — | 7,48 | 4,6 | 7,49 | 4,4 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 3 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Februar | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 3 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 8,31 | 1,8 | 8,43 | 2,0 |
| März | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,83 | 2,2 | 7,74 | 2,4 |
| | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,60 | 2,2 | 7,56 | 2,4 |
| | 3 | — | — | — | — | 7,42 | 0,9 | 7,38 | 1,2 | 7,57 | 2,1 | 7,58 | 2,4 | 8,10 | 3,1 | 8,11 | 3,3 |
| April | 1 | — | — | — | — | 7,54 | 1,9 | 7,55 | 2,2 | 7,70 | 2,3 | 7,65 | 2,6 | 7,45 | 3,5 | 7,52 | 3,6 |
| | 2 | — | — | — | — | 7,58 | 2,9 | 7,51 | 3,2 | 7,57 | 3,0 | 7,55 | 3,3 | 7,61 | 3,8 | 7,56 | 4,0 |
| | 2 | — | — | — | — | 7,55 | 4,0 | 7,50 | 4,4 | 7,50 | 3,8 | 7,55 | 4,1 | 7,84 | 4,1 | 7,87 | 4,4 |
| Mai | 1 | — | — | — | — | 7,38 | 5,4 | 7,38 | 5,7 | 7,62 | 4,9 | 7,58 | 5,5 | 7,57 | 5,7 | 7,61 | 6,2 |
| | 2 | — | — | — | — | 7,44 | 7,0 | 7,51 | 8,0 | 7,62 | 5,5 | 7,60 | 6,0 | 7,62 | 6,9 | 7,68 | 7,2 |
| | 3 | — | — | — | — | 7,25 | 8,5 | 7,32 | 8,9 | 7,45 | 6,8 | 7,47 | 7,2 | 7,70 | 9,3 | 7,75 | 10,0 |
| Juni | 1 | — | — | — | — | 7,59 | 1,08 | 7,69 | 12,0 | 7,51 | 8,7 | 7,57 | 9,9 | 7,74 | 12,0 | 7,82 | 12,5 |
| | 2 | — | — | — | — | 7,67 | 10,8 | 7,75 | 11,7 | 7,46 | 10,7 | 7,57 | 11,5 | 7,73 | 12,0 | 7,82 | 12,4 |
| | 3 | — | — | — | — | 7,82 | 12,6 | 7,72 | 13,0 | 7,48 | 12,2 | 7,58 | 13,0 | 7,70 | 13,8 | 7,78 | 14,4 |
| Juli | 1 | — | — | — | — | 7,75 | 14,6 | 7,88 | 16,0 | 7,68 | 13,4 | 7,75 | 13,7 | 7,71 | 15,6 | 7,74 | 15,9 |
| | 2 | — | — | — | — | 7,95 | 17,9 | 7,91 | 18,8 | 7,80 | 14,1 | 7,80 | 14,6 | 7,71 | 16,0 | 7,74 | 16,4 |
| | 3 | — | — | — | — | 7,78 | 18,6 | 7,85 | 18,9 | 7,70 | 15,1 | 7,67 | 15,5 | 7,75 | 17,1 | 7,85 | 17,0 |
| August | 1 | — | — | — | — | 7,62 | 18,8 | 7,67 | 19,4 | 7,77 | 14,8 | 7,82 | 15,2 | — | — | — | — |
| | 2 | 7,94 | 16,8 | 7,96 | 17,4 | 7,63 | 19,0 | 7,70 | 19,5 | 7,82 | 13,6 | 7,88 | 13,9 | — | — | — | — |
| | 3 | 8,02 | 18,0 | 7,73 | 18,2 | 7,74 | 16,8 | 7,68 | 17,2 | 7,71 | 13,9 | 7,85 | 14,4 | — | — | — | — |
| September | 1 | 7,76 | 14,8 | 7,68 | 14,8 | 7,60 | 14,7 | 7,67 | 15,1 | 7,65 | 14,9 | 7,68 | 15,3 | — | — | — | — |
| | 2 | 8,17 | 14,5 | 8,18 | 14,7 | 7,61 | 14,8 | 7,69 | 15,1 | 7,61 | 13,3 | 7,68 | 13,5 | — | — | — | — |
| | 3 | 8,15 | 14,2 | 8,11 | 14,4 | 7,64 | 15,0 | 7,65 | 14,9 | 7,68 | 12,4 | 7,68 | 12,8 | — | — | — | — |
| Oktober | 1 | 7,87 | 13,2 | 7,81 | 13,3 | 7,78 | 14,0 | 7,81 | 14,3 | 7,55 | 11,1 | 7,54 | 11,2 | — | — | — | — |
| | 2 | 7,97 | 11,0 | 7,82 | 11,0 | 7,64 | 12,7 | 7,65 | 12,9 | 7,59 | 10,2 | 7,57 | 10,4 | — | — | — | — |
| | 3 | 7,76 | 9,7 | 7,71 | 9,7 | 7,49 | 11,9 | 7,50 | 12,0 | 7,67 | 9,4 | 7,69 | 9,5 | — | — | — | — |
| November | 1 | 7,60 | 8,8 | 7,59 | 9,0 | 7,56 | 10,5 | 7,58 | 10,6 | 7,76 | 8,5 | 7,80 | 8,5 | — | — | — | — |
| | 2 | 7,61 | 8,6 | 7,59 | 8,6 | 7,73 | 9,5 | 7,79 | 9,2 | 7,52 | 7,4 | 7,53 | 7,5 | — | — | — | — |
| | 3 | 7,45 | 7,8 | 7,39 | 7,8 | — | — | — | — | 7,53 | 6,1 | 7,55 | 6,1 | — | — | — | — |
| Dezember | 1 | 7,47 | 6,7 | 7,49 | 6,6 | 7,96 | 5,6 | 7,91 | 5,7 | 7,52 | 4,6 | 7,52 | 4,6 | — | — | — | — |
| | 2 | 7,76 | 6,5 | 7,80 | 6,5 | 7,70 | 4,8 | 7,59 | 4,7 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 3 | 7,67 | 5,8 | 7,71 | 5,7 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

[1] a. m. = vormittags,
p. m. = nachmittags.

Tabelle $C_2$: **Dekadenmittel für Salzgehalt und Temperatur des Wassers an der Oberfläche.[1] Station „Adlergrund-Feuerschiff".**

| Monat | Dekade | 1900 | | 1901 | | 1902 | | 1903 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. |
| Januar | 1 | — | — | 7,48 | 4,5 | — | — | — | — |
| | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 3 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Februar | 1 | | | | | | | | |
| | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 3 | — | — | — | — | — | — | 8,37 | 1,9 |
| März | 1 | — | — | — | — | — | — | 7,78 | 2,3 |
| | 2 | — | — | — | — | — | — | 7,58 | 2,3 |
| | 3 | — | — | 7,40 | 1,0 | 7,57 | 2,2 | 8,10 | 3,2 |
| April | 1 | — | — | 7,54 | 2,0 | 7,67 | 2,4 | 7,48 | 3,5 |
| | 2 | — | — | 7,34 | 3,0 | 7,56 | 3,1 | 7,59 | 3,9 |
| | 3 | — | — | 7,52 | 4,2 | 7,52 | 3,9 | 7,85 | 4,2 |
| Mai | 1 | | — | 7,38 | 5,5 | 7,60 | 5,2 | 7,59 | 5,9 |
| | 2 | | — | 7,47 | 7,5 | 7,61 | 5,7 | 7,65 | 7,0 |
| | 3 | | | 7,28 | 8,7 | 7,46 | 7,0 | 7,72 | 9,6 |
| Juni | 1 | | — | 7,64 | 11,4 | 7,54 | 9,3 | 7,78 | 12,2 |
| | 2 | — | | 7,71 | 11,2 | 7,51 | 11,1 | 7,77 | 12,2 |
| | 3 | | — | 7,77 | 12,8 | 7,53 | 12,6 | 7,74 | 14,1 |
| Juli | 1 | | | 7,81 | 15,3 | 7,71 | 13,5 | 7,72 | 15,7 |
| | 2 | | | 7,93 | 18,3 | 7,80 | 14,3 | 7,72 | 16,2 |
| | 3 | | | 7,81 | 18,7 | 7,68 | 15,3 | 7,80 | 17,0 |
| August | 1 | | | 7,64 | 19,1 | 7,79 | 15,0 | | |
| | 2 | 7,95 | 17,1 | 7,66 | 19,2 | 7,85 | 13,7 | | - |
| | 3 | 7,87 | 18,1 | 7,71 | 17,0 | 7,78 | 14,1 | | |
| September | 1 | 7,72 | 14,8 | 7,63 | 14,9 | 7,66 | 13,1 | | |
| | 2 | 8,17 | 14,6 | 7,65 | 14,9 | 7,64 | 13,1 | | |
| | 3 | 8,13 | 14,3 | 7,61 | 14,9 | 7,68 | 12,6 | | |
| Oktober | 1 | 7,84 | 13,2 | 7,79 | 14,1 | 7,54 | 11,1 | | |
| | 2 | 7,80 | 11,0 | 7,64 | 12,8 | 7,58 | 10,3 | | |
| | 3 | 7,73 | 9,7 | 7,49 | 11,9 | 7,68 | 9,4 | | |
| November | 1 | 7,59 | 8,9 | 7,57 | 10,5 | 7,78 | 8,5 | — | — |
| | 2 | 7,60 | 8,6 | 7,76 | 9,3 | 7,52 | 7,4 | — | — |
| | 3 | 7,42 | 7,8 | — | — | 7,54 | 6,1 | — | — |
| Dezember | 1 | 7,48 | 6,6 | 7,93 | 5,6 | 7,52 | 4,6 | — | — |
| | 2 | 7,78 | 6,5 | 7,64 | 4,7 | — | — | — | — |
| | 3 | 7,69 | 5,7 | -- | | | | | |

[1] Die Zahlen sind die Mittelwerte aus den Vormittags- und Nachmittagsbeobachtungen.

Tabelle $D_2$: **Dekadenmittel für Salzgehalt und Temperatur des Wassers.[1] Station „Fehmarn-Belt".**

| Monat | Dekade | 1903 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | oben | | unten | |
| | | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. |
| April | 1 | 15,34 | 4,2 | 18,13 | 5,5 |
| | 2 | 15,38 | 4,5 | 17,24 | 4,6 |
| | 3 | 13,37 | 5,0 | 15,40 | 5,1 |
| Mai | 1 | 9,24 | 5,6 | 14,65 | 5,4 |
| | 2 | 10,48 | 7,7 | 16,47 | 6,0 |
| | 3 | 10,65 | 10,2 | 15,81 | 6,3 |
| Juni | 1 | 9,85 | 12,0 | 16,82 | 7,1 |
| | 2 | 9,30 | 12,7 | 16,84 | 7,7 |
| | 3 | 9,68 | 14,3 | 17,80 | 8,1 |
| Juli | 1 | 10,58 | 14,3 | 21,24 | 9,3 |
| | 2 | 12,47 | 15,3 | 25,08 | 10,9 |
| | 3 | 10,16 | 15,5 | 23,34 | 10,6 |

[1] Die Zahlen sind die Mittelwerte aus den Vormittags- und Nachmittagsbeobachtungen.

Tabelle $D_1$: **Dekadenmittel für Salzgehalt und Temperatur des Wassers. Station „Fehmarn-Belt".**

| Monat | Dekade | 1903 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | oben | | | | unten | | | |
| | | a. m. | | p. m.[1] | | a. m. | | p. m. | |
| | | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. | Salzgeh. bei 17,5° | Temper. |
| April | 1 | 15,23 | 4,0 | 15,46 | 4,4 | 17,91 | 5,4 | 18,36 | 5,6 |
| | 2 | 15,25 | 4,3 | 15,52 | 4,7 | 16,83 | 4,4 | 17,65 | 4,8 |
| | 3 | 13,47 | 4,9 | 13,37 | 5,2 | 15,34 | 4,8 | 15,46 | 5,4 |
| Mai | 1 | 9,24 | 5,4 | 9,25 | 5,9 | 14,85 | 5,3 | 14,45 | 5,5 |
| | 2 | 10,42 | 7,6 | 10,55 | 7,9 | 15,96 | 5,8 | 16,99 | 6,2 |
| | 3 | 10,61 | 10,1 | 10,70 | 10,3 | 16,43 | 6,1 | 15,19 | 6,5 |
| Juni | 1 | 9,81 | 11,7 | 9,89 | 12,3 | 17,33 | 7,0 | 16,31 | 7,2 |
| | 2 | 9,36 | 12,8 | 9,24 | 12,7 | 17,23 | 7,5 | 16,45 | 8,0 |
| | 5 | 9,80 | 14,0 | 9,56 | 14,6 | 18,01 | 7,8 | 17,59 | 8,5 |
| Juli | 1 | 10,59 | 14,3 | 10,57 | 14,3 | 22,28 | 9,2 | 20,20 | 9,4 |
| | 2 | 12,41 | 15,3 | 12,53 | 15,3 | 25,53 | 10,6 | 24,64 | 11,2 |
| | 3 | 10,34 | 15,1 | 9,98 | 15,9 | 25,68 | 10,6 | 21,00 | 11,7 |

[1] a. m. = vormittags, p. m. = nachmittags.

# Dynamische Schnitte.

**Erklärungen dazu:**

——— Meeresboden,

. . . . . Isosteranomalen,

– – – – Isosteranomalen von 2000, 1500, 1000 und 500.

Die Zahlen links von den Vertikalen bedeuten $E—E_0$, rechts $V — V_0$.

*St. D.* = Stationen im deutschen Forschungsgebiet.

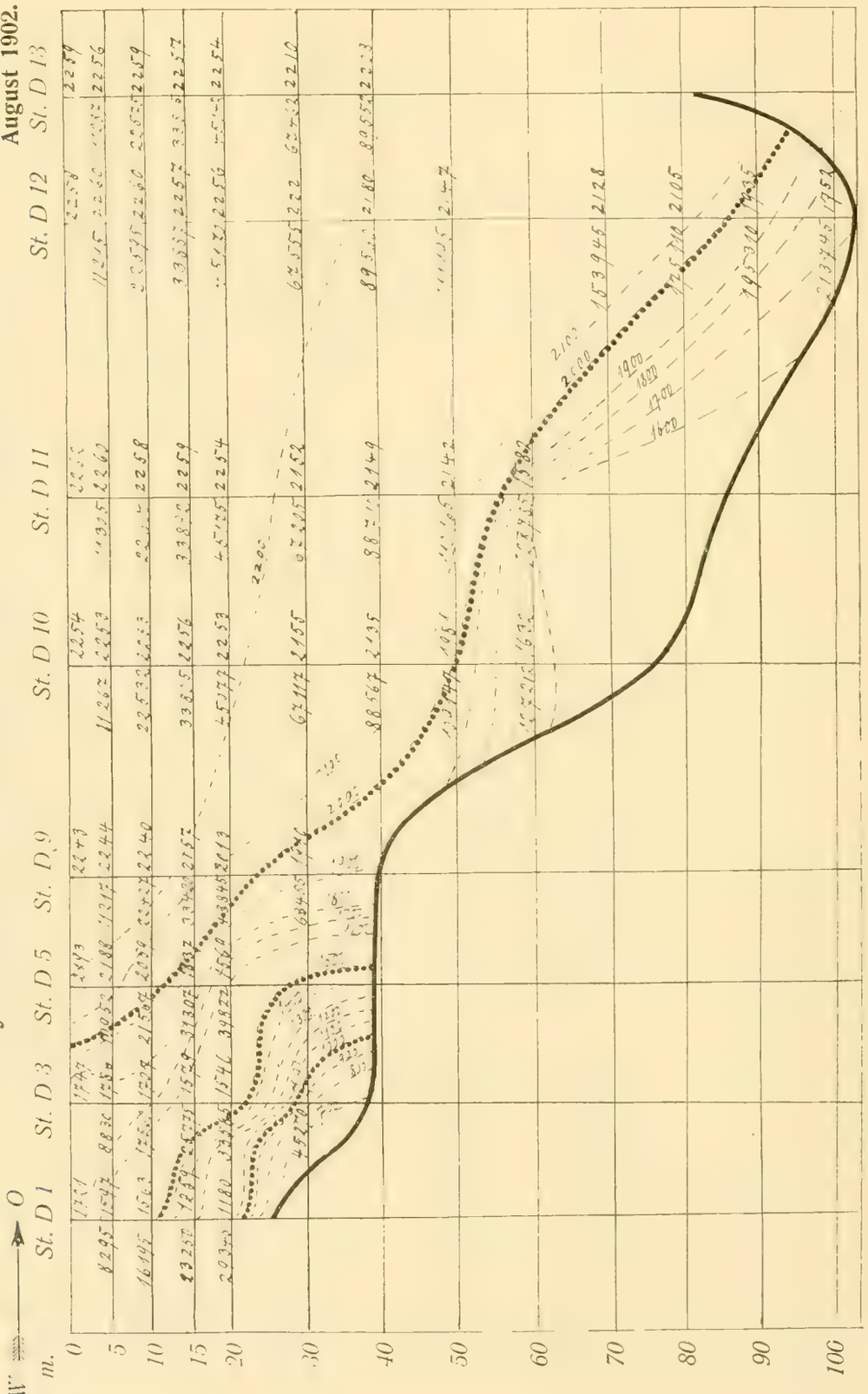
*St. Da.* „ „ dänischen „

*St. S.* „ „ schwedischen „

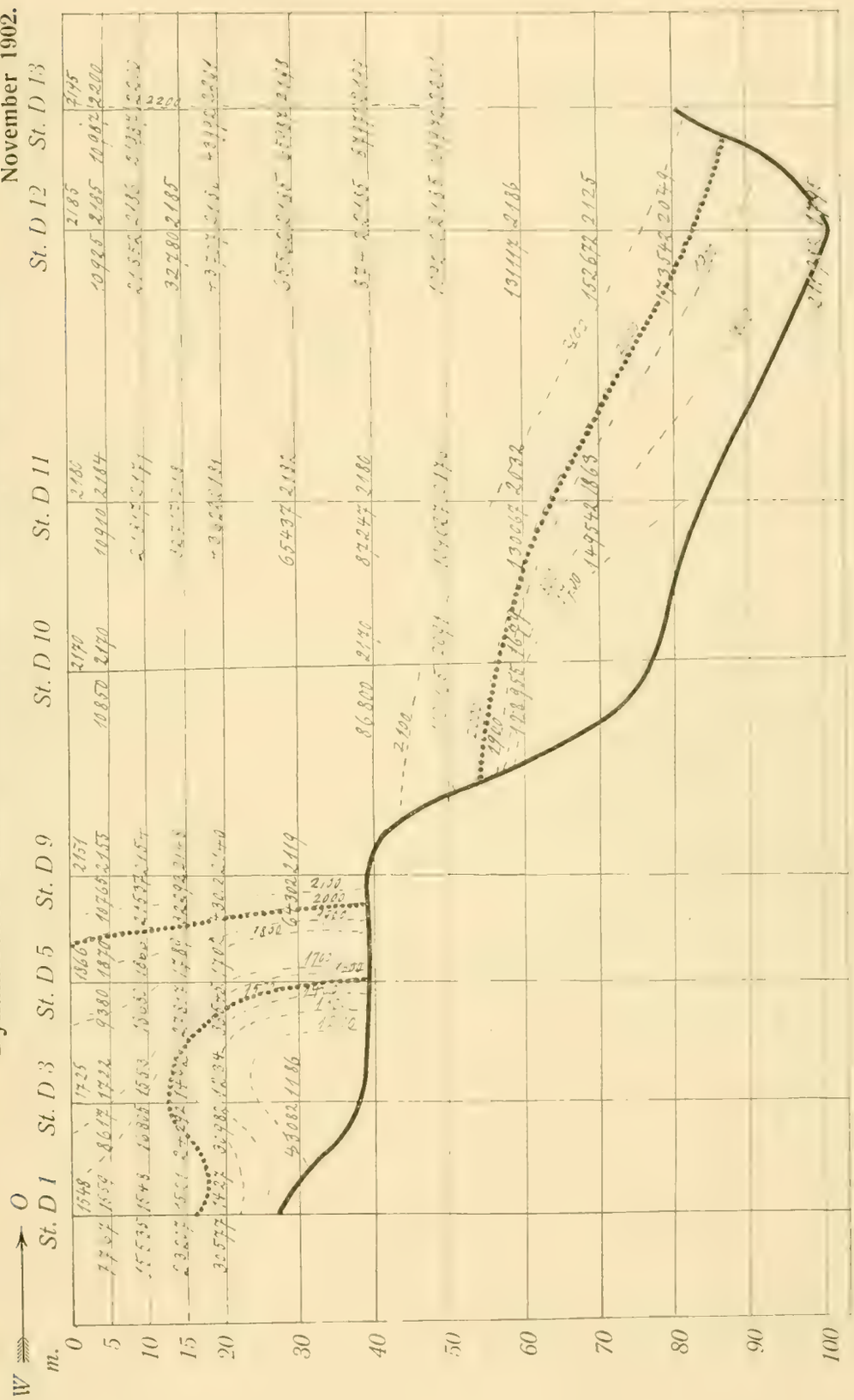
*B. T.* = Bornholmtief.

1.

**Dynamischer Schnitt durch die Ostsee von Kiel bis Memel.** **August 1902.**

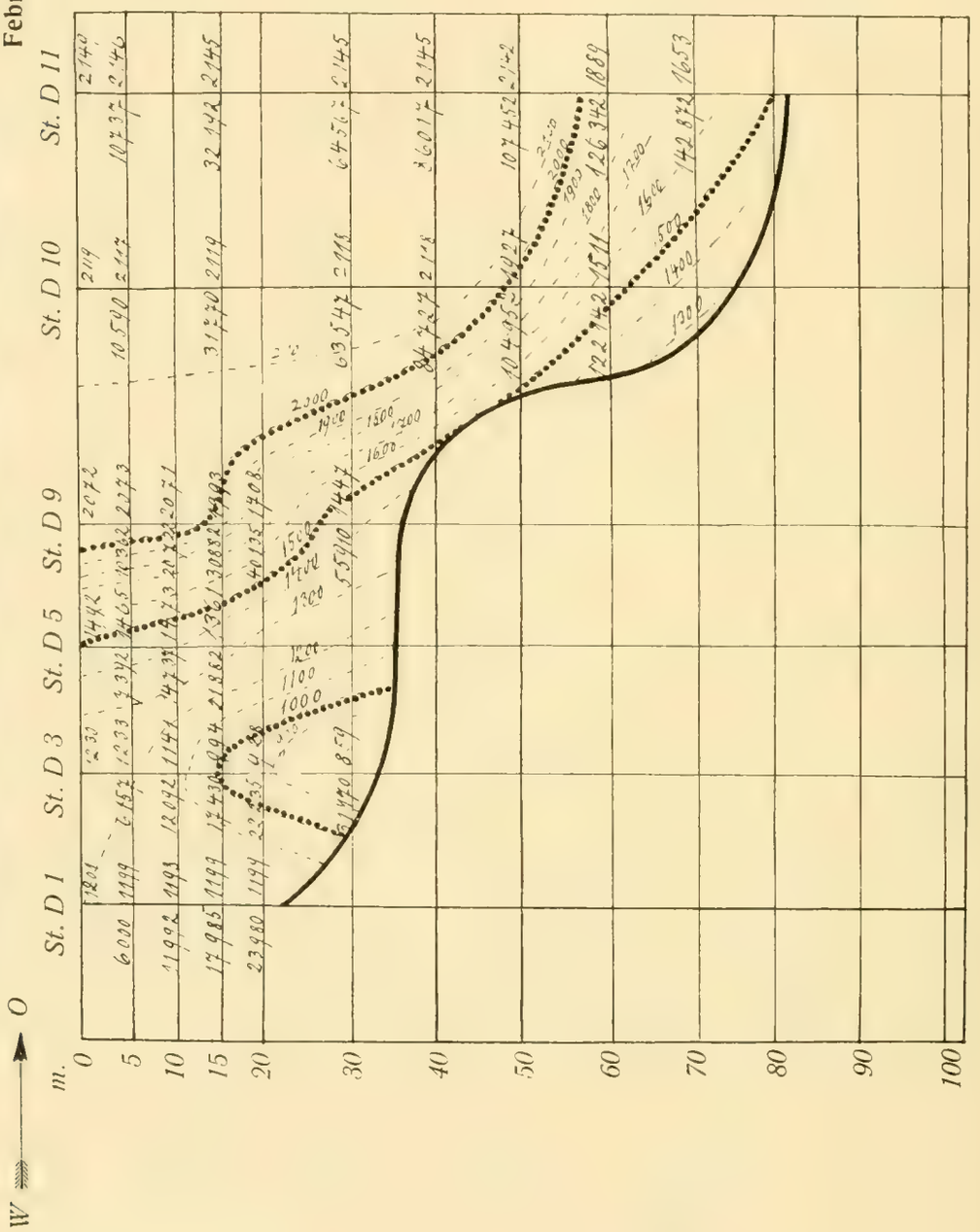


II.


Dynamischer Schnitt durch die Ostsee von Kiel bis Memel.
November 1902.
St. D 1
St. D 3
St. D 5
St. D 9
St. D 10
St. D 11
St. D 12
St. D 13
O
W
m.
0
5
10
15
20
30
40
50
60
70
80
90
100

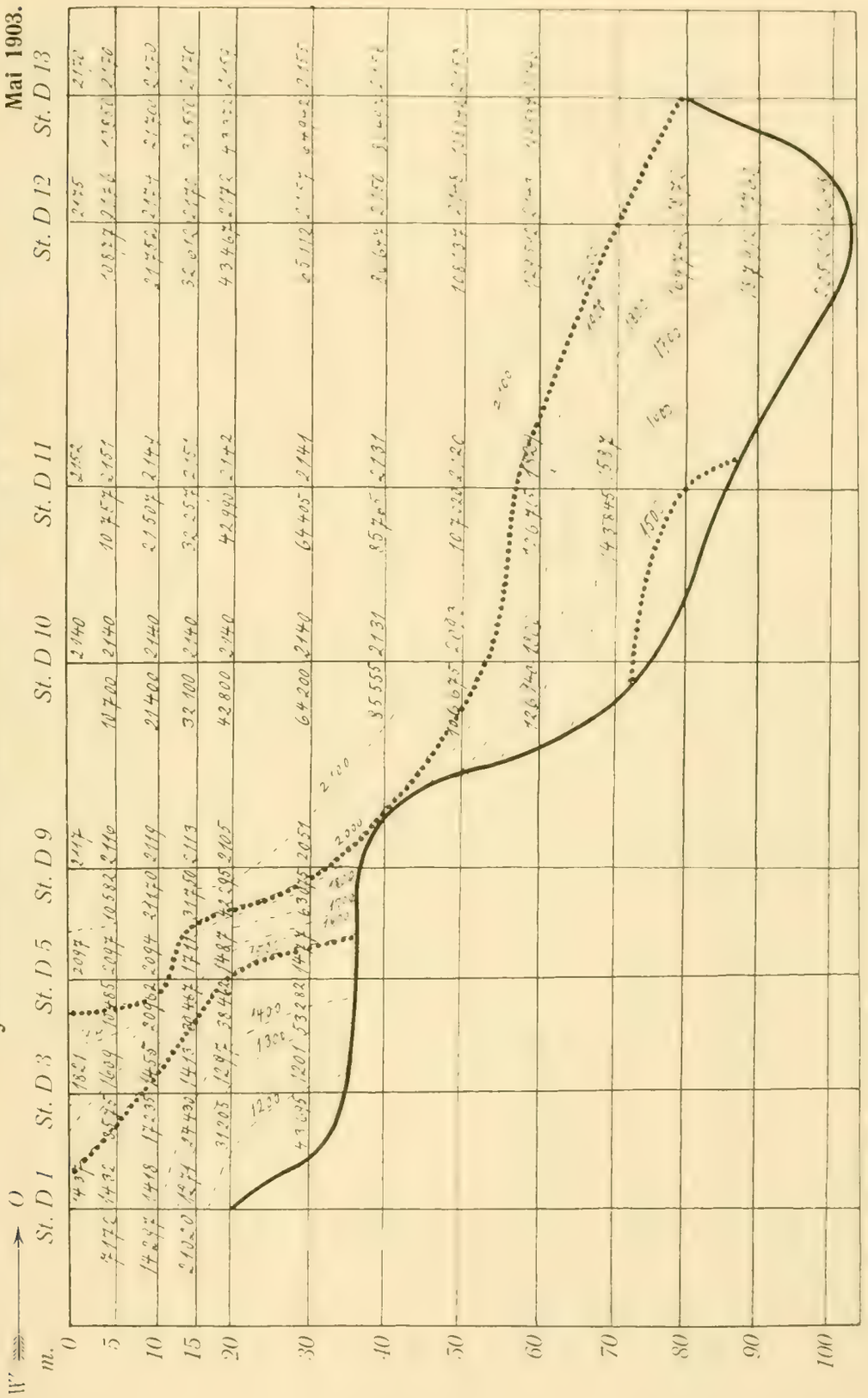
III.

**Dynamischer Schnitt durch die Ostsee von Kiel bis Memel.** Februar 1903.



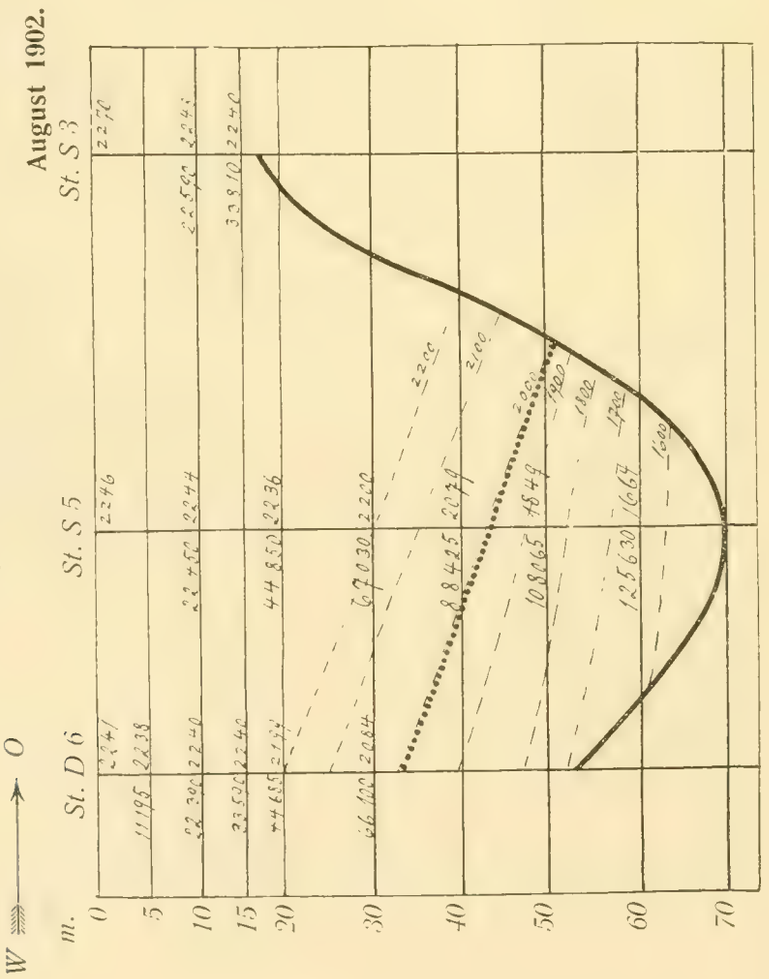
IV.

**Dynamischer Schnitt durch die Ostsee von Kiel bis Memel.** **Mai 1903.**

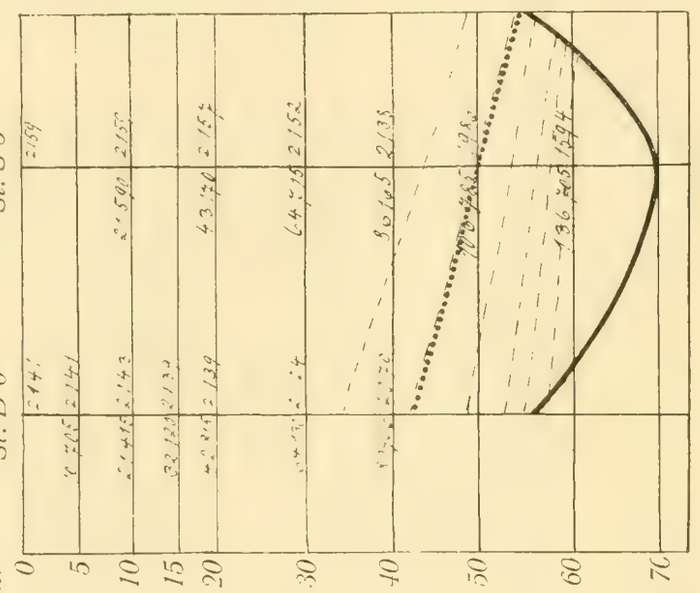


**Dynamische Schnitte durch die Ostsee südlich von Schweden.**

V.

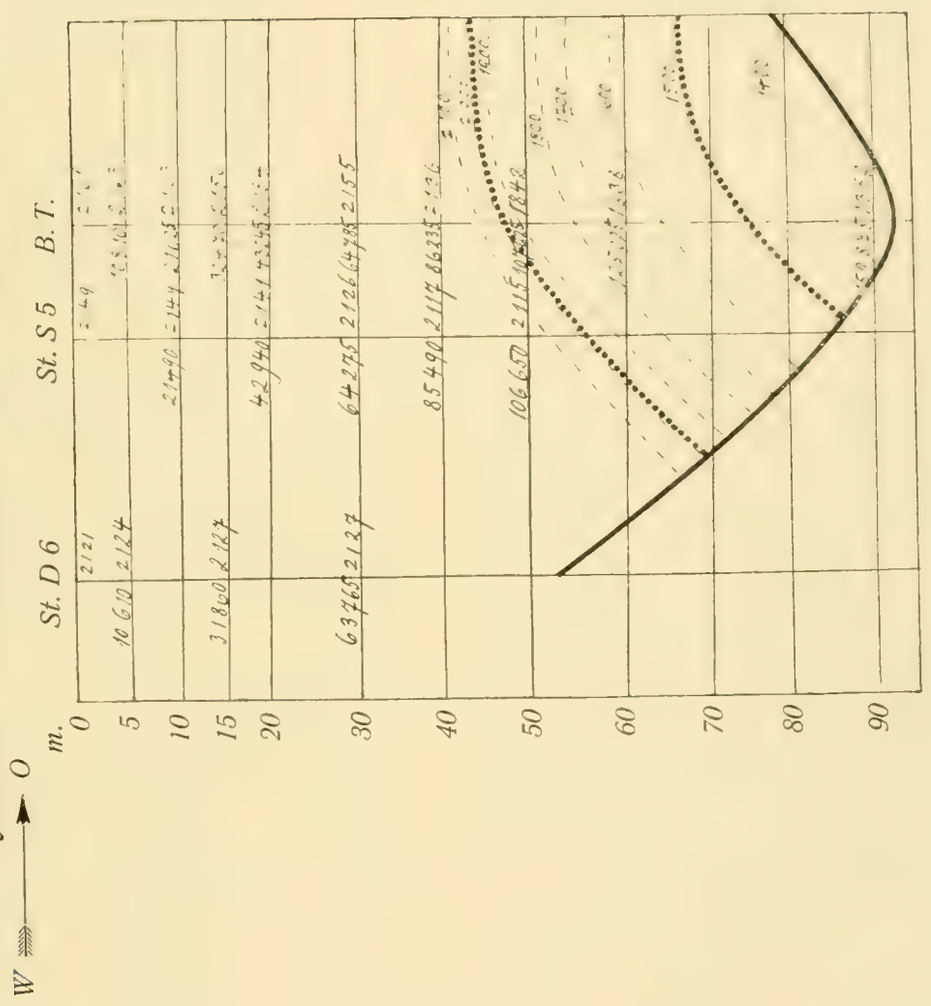



VI.



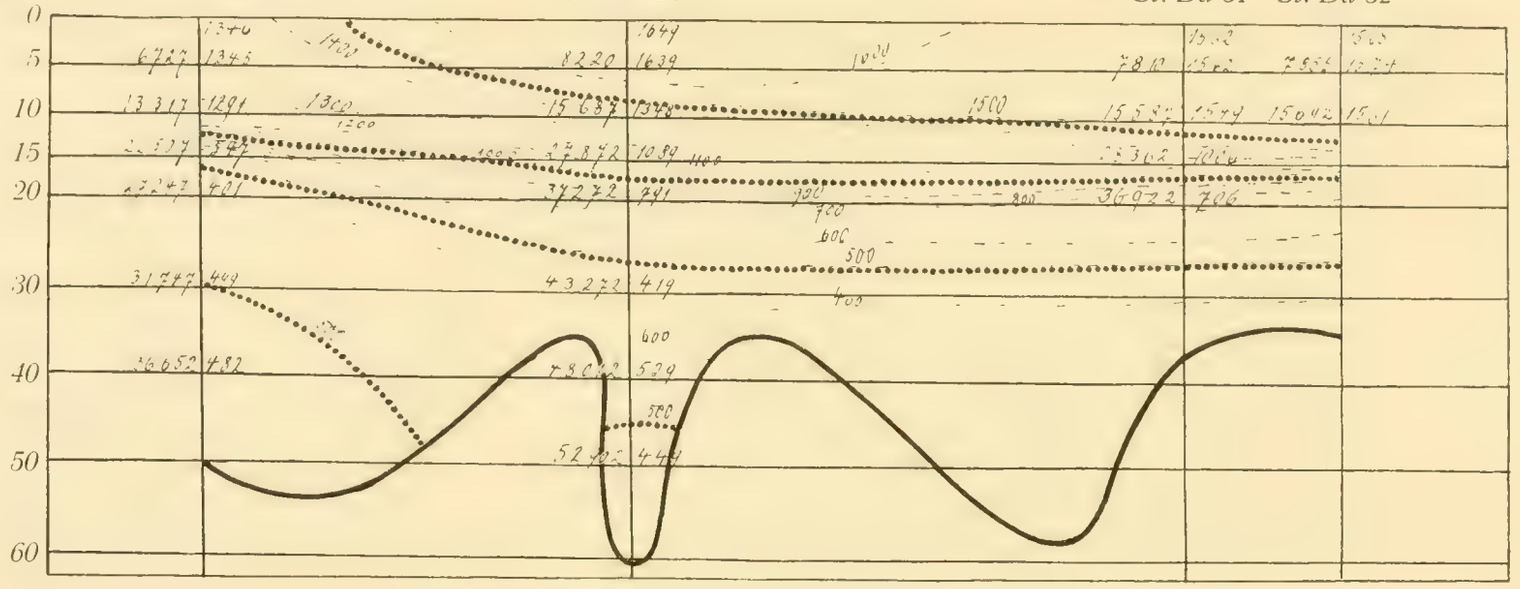
VII.

**Dynamischer Schnitt durch die Ostsee südlich von Schweden.** Mai 1903.



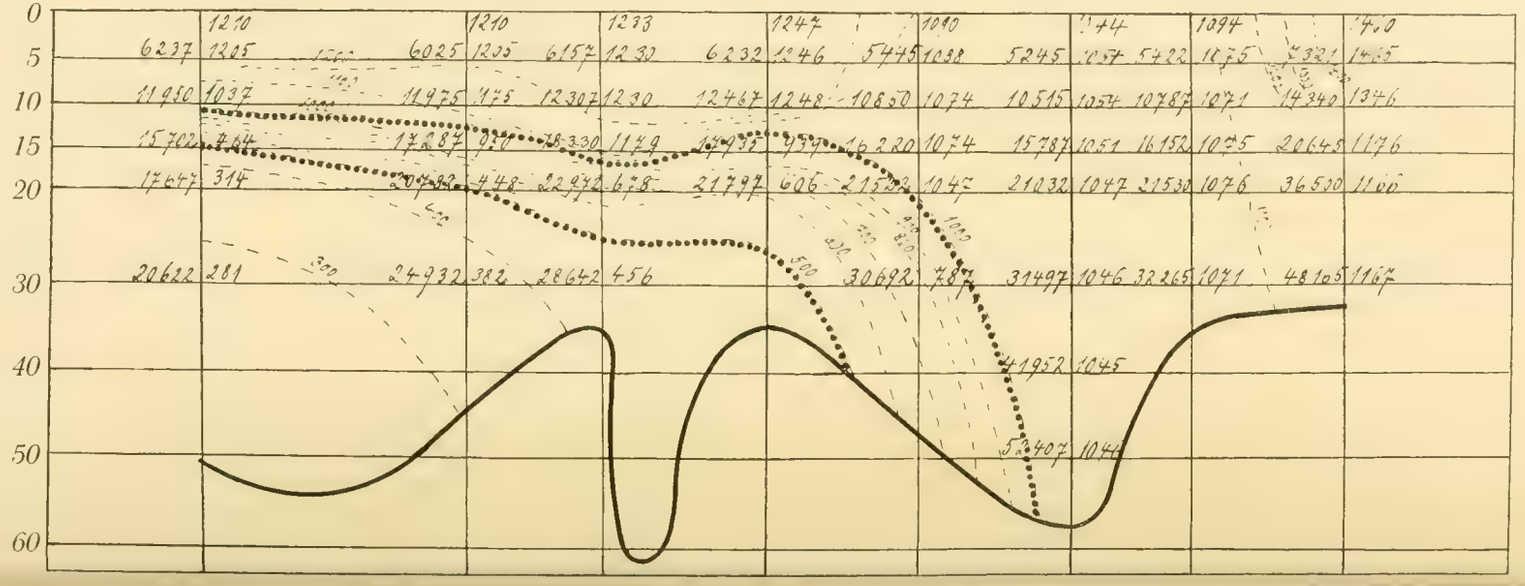
VIII.

N ⟶ S **Dynamischer Schnitt durch den Langelands-, Großen und Samsö-Belt.** August 1902.



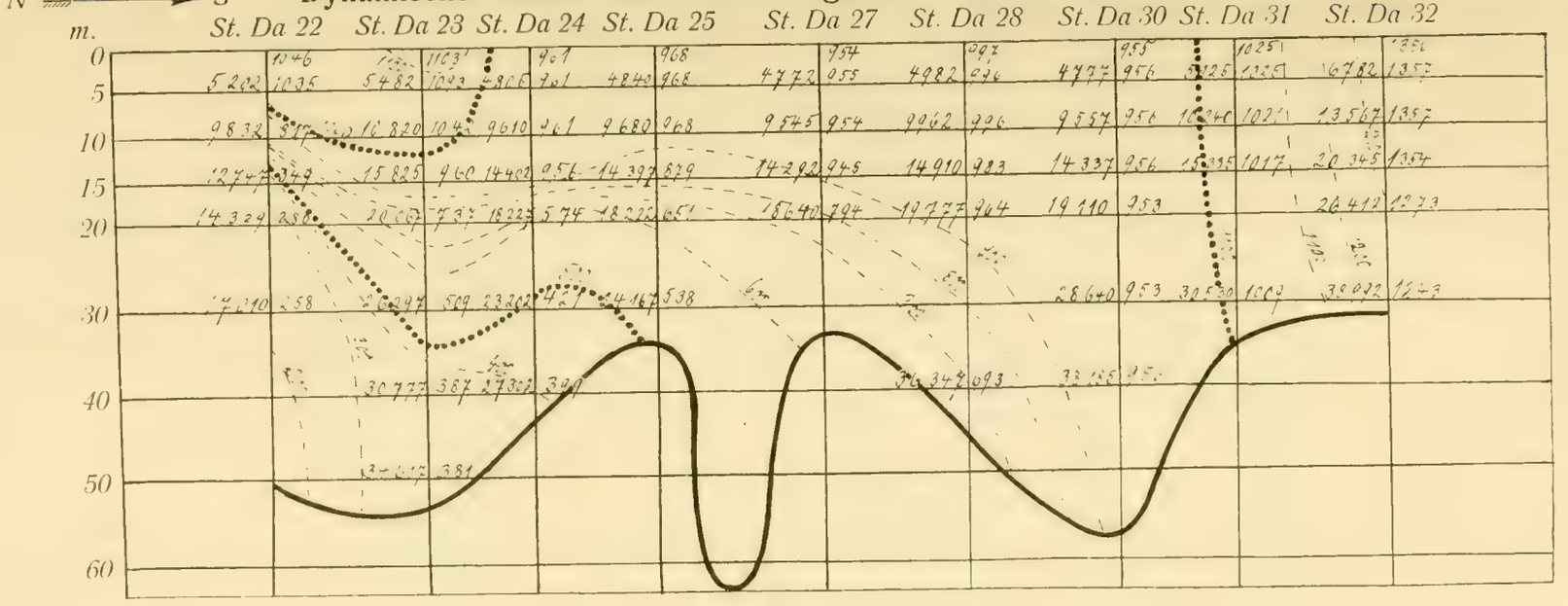

IX.

N ⟶ S **Dynamischer Schnitt durch den Langelands-, Großen und Samsö-Belt.** November 1902.



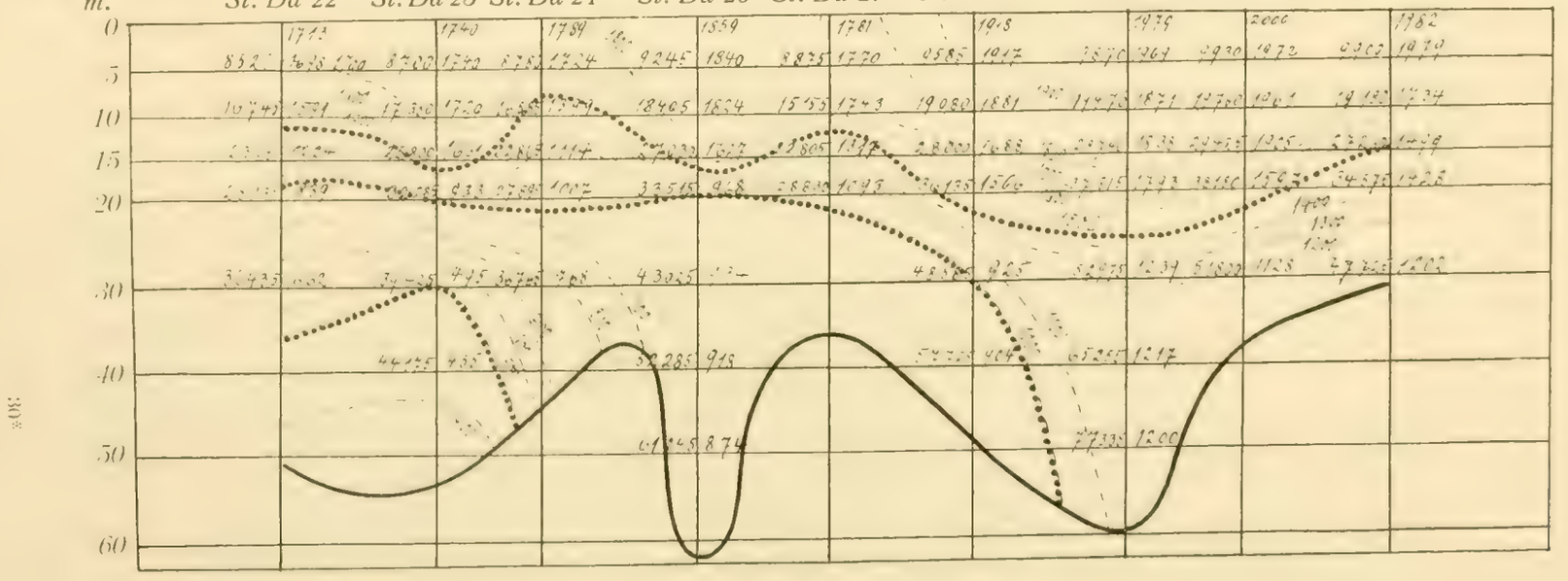
X.

N ⟹⟶ S **Dynamischer Schnitt durch den Langelands-, Großen und Samsö-Belt.** **Februar 1903.**




XI.

N ⟹⟶ S **Dynamischer Schnitt durch den Langelands-, Großen und Samsö-Belt.** **Mai 1903.**



# Literaturverzeichnis.


Beobachtungstabellen von den vier Ostseestationen der Kieler Kommission: „Adlergrund-Feuerschiff", „Fehmarn-Belt", „Stollergrund-Feuerschiff" und „Sonderburg" (von August 1900 bis Juli 1903).

Bulletin des résultas acquis pendant les courses périodiques (August 1902, November 1902, Februar 1903, Mai 1903). Kopenhagen.

Nautisk Meteorologisk Aarbog. Kopenhagen 1900—1903.

Annalen der Hydrographie. Jahrgang 1888.

Franz Schulze: „Die Oberflächenströmungen bei Gjedser-Riff". Archiv der deutschen Seewarte. 20. Jahrgang. Nr. 3.

J. van Bebber: „Beiträge zur Kenntnis der Windverhältnisse an der deutschen Küste". Archiv der deutschen Seewarte. 23. Jahrgang. 1890.

M. Knudsen: „Über die Temperatur im Kattegat und im westlichen Teile der Ostsee". Annalen der Hydrographie. Heft 2. Jahrgang 1901.

Sandström und Helland Hansen: „Tabellen zur Berechnung von Meeresströmungen".

V. Bjerknes: „Über einen hydrographischen Fundamentalsatz und seine Anwendung. Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar Bandet 31. Nr. 4.

Petermanns „Geographische Mitteilungen". 1904. Heft II.

H. Ebert: „Magnetische Kraftfelder". Leipzig 1897.

# Inhaltsverzeichnis.


## Einleitung.

a. Allgemeines über die Ostsee.
b. Erläuterungen zu den Beobachtungen auf den Stationen „Adlergrund-Feuerschiff“, Fehmarn-Belt“, „Stollergrund-Feuerschiff“ und „Sonderburg“.
c. Bemerkungen zu den internationalen Terminfahrten im Ostseegebiet.

## Erster Hauptteil.

### Verhältnis der Oberflächenströmungen in der Kieler Bucht zu den herrschenden Winden.

a. Windverteilung bei den drei Stationen in den einzelnen Jahren und Jahreszeiten.
   α) „Adlergrund-Feuerschiff“, β) „Stollergrund-Feuerschiff“, γ) „Sonderburg“.
b. Erklärung der Windverhältnisse.
c. Einfluß der Winde auf die Oberflächenströmungen in der Kieler Bucht.
   α) Unterscheidung von konkordanten und diskordanten Fällen.
   β) Ursachen der diskordanten Fälle im einzelnen.
d. Erklärung einzelner diskordanter Fälle bei Station „Stollergrund-Feuerschiff“.
e. Stromrichtung und Stromstärke nach Koppelrechnung.
f. Bemerkungen zu den graphischen Darstellungen der Strommessungen bei Station „Stollergrund-Feuerschiff“.

## Zweiter Hauptteil.

### Tiefenströmungen in der Ostsee, dargestellt nach dem Beobachtungsmaterial der internationalen Terminfahrten.

a. Bemerkungen zu den angewandten Darstellungsmethoden.
b. Tiefenströmungen in den einzelnen Ostseegebieten.
   I. Bottnischer- und Finnischer-Busen.
   II. Eigentliche Ostsee und Beltsee.
      α) Deutsches Forschungsgebiet.
         1. Lage der Stationen der Terminfahrt.
         2. Übersicht über die Salzgehalt- und Temperaturbeobachtungen während der Terminfahrten 1902/03.
         3. Tiefenströmungen.
            a. Erläuterung zu der Methode von V. Bjerknes.
            b. Richtung, Ausdehnung und Geschwindigkeit der Tiefenströmungen in den einzelnen Jahreszeiten.
      β) Vergleich der Ergebnisse aus dem deutschen Forschungsgebiet mit denen aus dem schwedischen und dänischen einschließlich des Kattegats.
         a. Schwedisches Forschungsgebiet.
         b. Dänisches Forschungsgebiet.
         c. Kattegat.

# Graphische Darstellungen der Strommessungen bei Station „Stollergrund-Feuerschiff"

2 mm = 100 m Stromstärke in einer Stunde

# Untersuchungen

über die

# Strömungen des Atlantischen Ozeans.

## Die Dichte- und Windverhältnisse.

Von

G. Castens.

Mit Karten und Tabellen.

Die Horizontal- und Vertikalströmungen im Meere führt Mohn in seinen Untersuchungen über das „Europäische Nordmeer“ [1]) auf die Winde und die durch ungleiche Dichteanordnung hervorgerufenen Druckunterschiede im Meerwasser zurück. Beide Ursachen bewirken nach ihm Deformationen der Meeresoberfläche, deren Größe sich mit Hülfe von Niveaulinien in der Wind- und Dichtigkeitsfläche zum Ausdruck bringen läßt. Diese beiden Flächen wiederum können zu der sogenannten „Stromfläche“ kombiniert werden, aus deren Gefälle sich Richtung und Stärke der Oberflächen-Strömungen berechnen lassen. Das Mohn'sche Verfahren ist bisher nur wenig angewandt worden: für die Ostsee hat Engelhardt [2]) die Dichtigkeitsfläche gezeichnet, und für den nördlichsten Teil des Nordatlantischen Ozean ist von Wegemann [3]) die Stromfläche konstruiert worden. Wir wollen nun im folgenden zunächst den Versuch machen, die Dichtigkeitsfläche des Atlantischen Ozean zu entwerfen.

## Teil A.

Bei den an Zahl verhältnismäßig geringen Untersuchungen über die Dichteverhältnisse im Atlantischen Ozean möchte es gewagt erscheinen, jenen Versuch jetzt schon zu unternehmen; doch ist zu beachten: das spezifische Gewicht des Tiefseewassers der Ozeane ist außerordentlich gleichmäßig [4]); Niveauunterschiede als Folge der Dichteunterschiede sind daher hauptsächlich durch Dichtedifferenzen der obersten Wasserschichten bedingt, die sich ihrerseits im großen und ganzen an diejenigen des besser untersuchten [5]) Oberflächenwassers anlehnen werden *).

Die Methode, nach der Mohn verfährt ist a. a. O. und in der Engelhardt'schen Arbeit ausführlich auseinandergesetzt; eine Übersicht über die Berechnungen gibt Krümmel in seiner „Ozeanographie“ [6]). Ich werde im folgenden in aller Kürze die Theorie andeuten, um daran einige Worte anzuknüpfen über die Wahl der „Ausgangsstation“ [7]) bezw. des „Normalwertes“ [8]).

Die Meeresoberfläche ist infolge der Dichteunterschiede des Seewassers keine Niveaufläche, vielmehr erhebt sie sich, je nachdem das spezifische Gewicht des Wassers und die Schwere größer oder kleiner sind, mehr oder weniger über eine durch ihren tiefsten Punkt gelegte Niveaufläche. Die Folge hiervon ist ein System von horizontalen und vertikalen Strömungen verbunden mit einer Druckverteilung, die es ermöglicht, die verschiedenen Höhen der Oberfläche über einer Niveaufläche zu berechnen. Die Linien gleichen Druckes sind infolge jener Strömungen in den oberen und unteren Schichten des Meeres im entgegengesetzten Sinne gewölbt: zwischen beiden muß eine Fläche gleichen Druckes liegen, die eine Niveaufläche bildet; diese stromlose Fläche nennt Mohn die Grenzfläche.

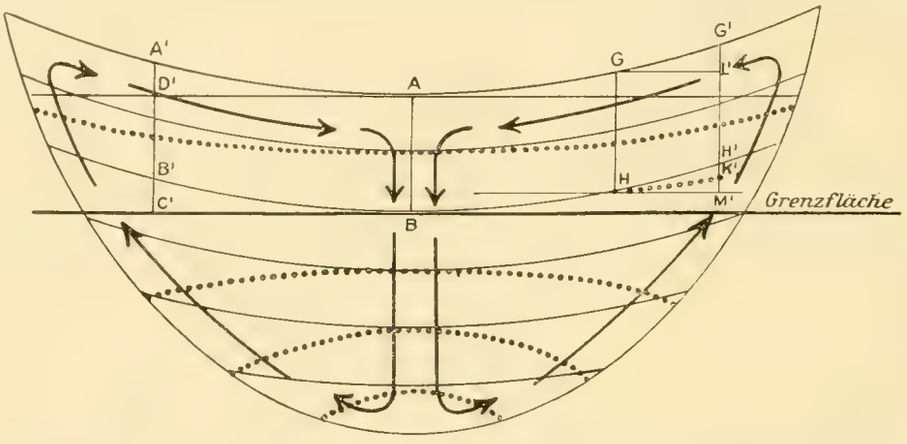
Nachstehende Figur stelle einen vertikalen Meeresdurchschnitt dar: die Isobathen — die ausgezogenen Bögen — laufen der gekrümmten Oberfläche parallel; die Linien gleichen Drucks — punktiert — verlaufen im oberen Teil des Meeres konkav (im Sinne nach oben), in der Tiefe dagegen konvex (im gleichen Sinne); zwischen beiden stellt sich die Grenzfläche als Gerade dar; das nach Mohn durch die Dichteverhältnisse bedingte Stromsystem deuten die Pfeile an.

Nun läßt sich der Druck berechnen, den eine Wassersäule A B von der Länge h ausübt; er sei gleich p Atmosphären. Eine zweite Wassersäule A′ B′ von derselben Länge h übe den geringeren Druck p′ auf ihre Unterlage aus; damit ihr Druck gleich dem der Säule A B werde, ist die Säule A′ B′ um

*) s. S. 259 vorliegender Arbeit.

[1]) I. [2]) II. [3]) III. [4]) XVII, S. 52, 59, 155; XI, S. 47. [5]) X, Atlas. [6]) V, S. 448 ff. [7]) XX, Heft 79, S. 6. [8]) II, S. 16, 18.

ein Stück B′ C′ zu verlängern, das bestimmt wird durch die Druckdifferenz $p-p' = d\,p$ Atmosphären: der Druck einer Wassersäule vom spezifischen Gewicht S ist in 45° Breite an der Erdoberfläche, wenn wir das spezifische Gewicht des Quecksilbers bei 0° C. gleich 13.5956 setzen, gleich $\frac{1}{0.760} \cdot \frac{S}{13.5956} = 0.096780 \cdot S$ Athmosphären; mithin entspricht dem Drucke von d p Atmosphären ein Druck einer Säule von $\frac{d\,p}{a \cdot S}$ m Länge, wo $a = 0.096780$ ist. B′ C′ ist aber gleich A′ D′ d. h. gleich der Strecke, um die Punkt A′ höher liegt wie A. In gleicher Weise lassen sich die Höhendifferenzen zwischen Punkt A und den übrigen Punkten der Oberfläche bestimmen; wir vergleichen also in diesem Falle die verschiedenen Stationen mit der an der tiefsten Stelle der Einsenkung gelegenen, d. h. wir nehmen diese als „Ausgangsstation" bezw. das hier festgestellte durchschnittliche spezifische Gewicht als „Normalwert", auf den wir die übrigen beziehen.




Nun sei der Druck einer beliebigen Wassersäule G H von der Länge h gleich q Atmosphären, der einer gleichlangen Säule G′ H′ gleich q′. Dann bestimmt die Differenz dieser beiden Drucke, die, im Längenmaß ausgedrückt, durch die Säule H′ K′ dargestellt wird, nicht, um wieviel Punkt G′ höher liegt wie G; denn die Fläche gleichen Drucks, bis zu der G′ H′ zu verlängern ist, damit diese Säule denselben Druck ausübe, wie G H, ist keine Niveaufläche: G′ L′ ist nicht gleich H′ K′, sondern gleich H′ M′.

Demnach können wir theoretisch als Ausgangsstation bezw. als Normalwert nur die Station bezw. das spezifische Gewicht der Wassersäule an dem tiefsten Punkt der Dichtigkeitsfläche wählen, um hierauf die an den andern Stationen gefundenen Dichtewerte zu beziehen. Da aber tatsächlich die Höhendifferenzen nur wenige Dezimeter betragen, die Wassersäulen gleicher Länge A′ B′, G H und G′ H′ demnach sehr dicht oberhalb der Grenzflächen enden, so dürfen wir jede beliebige Station als Ausgangsstation nehmen, denn in jener geringen Entfernung von der Grenzfläche sind die Flächen gleichen Druckes nur äußerst wenig oder überhaupt nicht mehr gekrümmt, so daß wir sie als Niveauflächen auffassen können, d. h. daß H′ K′ = H′ M′ wird. Die Wahl des Normalwertes ist also tatsächlich willkürlich, wie auch Engelhardt behauptet[9]), und man wird, wie Mohn es selbst tut[10]), hierfür am besten das durchschnittliche spezifische Gewicht aller betrachteten Wassersäulen von der Länge h wählen, da die Lage der theoretisch als Ausgangsstation zu benutzenden am tiefsten Punkt der zu berechnenden Dichtigkeitsfläche gelegenen Station unbekannt ist.

Um die Mohn'sche Methode zur Berechnung der Niveauhöhen für den Atlantischen Ozean anzuwenden, sei zunächst eine Betrachtung darüber angestellt, wie weit dessen tatsächlich vorhandenes Stromsystem mit dem durch Dichteunterschiede bedingten des Mohn'schen Schemas (s. ob.) vergleichbar ist. Dies ist von Bedeutung für die Frage, ob wir für unsere Untersuchungen den Atlantischen Ozean als ein Ganzes betrachten oder ihn in Abschnitte zerlegen wollen, und hiermit im Zusammenhang steht die Frage, ob eine einheitliche Grenzfläche oder deren verschiedene anzunehmen sind. Ein Vergleich zwischen dem von Schott auf Grund der Wärmeverteilung konstruierten Stromzirkulationsschema[11]) für den Atlantischen Ozean und dem Mohn'schen Dichteströmungsbild läßt sofort eine Ähnlichkeit beider erkennen, wenn wir den Nord- und Südatlantischen Ozean für sich betrachten und nur die Zirkulation oberhalb der polaren

[9]) II, S. 16. [10]) I, S. 155. [11]) X, Text S. 164; XVII, S. 84, Fig. 18.

Tiefenströme ins Auge fassen. Freilich ist in dem Schott'schen Bilde ein zweiter vertikaler Stromring zwischen den Stauwassergebieten und den Polen nicht ausgebildet: Unterströme*) nach den Polen hin sind nur angedeutet und polare Auftriebsströmungen fehlen ganz. Nehmen wir diese als vorhanden an, etwa in der Form, wie sie das von Sandström und Helland-Hansen auf Grund des ideellen Verlaufes der Isosteren[12]) für den Nordatlantischen Ozean entworfene Strombild[13]) wiedergibt, so wird die Ähnlichkeit mit dem Bilde der durch Dichteunterschiede allein bedingten Zirkulation (s. Fig. ob.) vollkommen. Diese Ähnlichkeit spricht für die Wahrscheinlichkeit eines doch nicht unbedeutenden Einflusses der Dichteverteilung auf die Gesamtzirkulation im Atlantischen Ozean trotz der verhältnismäßig geringen Unterschiede im spezifischen Gewicht des Tiefseewassers. Wenn das von Schott konstruierte Bewegungsschema polare Vertikalstromringe nicht vollständig zeigt, so ist zu beachten, daß der Autor die nördlichsten Teile des nordatlantischen Ozeans nicht mit berücksichtigt hat; er betont eigens[14]): „diese mögen wieder ihre besonderen Bewegungen der Tiefsee mit vertikaler und horizontaler Richtung besitzen". Ganz von der Hand weisen läßt sich nicht die Ableitung eines bereits in der Stauwasserzone beginnenden Unterstromes in polarer Richtung aus der Wärmeverteilung im Nordatlantischen Ozean. Die auffällig hohen Temperaturen in der Tiefe zwischen 900 und 2000 m an der Westküste Europas führt Krümmel bekanntlich auf die Wirkungen des Windstaus zurück[15]); er hebt indes zugleich hervor, daß dieser Erklärung die notwendige Parallele aus dem nordpazifischen Ozean noch fehle. Buchan[16]) läßt die Erwärmung in jener Tiefe, vor allem in der spanischen See, von dem aus der Straße von Gibraltar austretenden Unterstrom herrühren; in diesem letzteren erblickt Petterson[17]) auch die Ursache der hohen Tiefentemperaturen weiter im Norden. Schott[18]) endlich schreibt jene Erscheinung der an den europäischen Küsten „bis in die größten Tiefen reichenden absteigenden Vertikalbewegung" zu, ohne in dem Windstau deren Quelle zu sehen, den er vielmehr nur auf 200, höchstens 400 m Tiefe einwirken läßt[19]). Wenn wir nun einen von der Stauwasserzone in nördlicher Richtung sich bewegenden Unterstrom annehmen (vgl. die Temperaturen in 1000, 1500 und 2000 m Tiefe)[20]), der das warme Stauwasser der Roßbreiten und das Unterstromwasser aus dem Mittelländischen Meer mit sich fortführt, so gleicht das aus der Wärmeverteilung abgeleitete Strombild völlig dem in unserer obigen Figur wiedergegebenen. Auch die Ansicht Pettersons kann nur auf solchem Unterstrom fußen, denn die Einwirkung der Golfstromtrift läßt er nur bis zu einer Tiefe von 7—800 m reichen, bis zu der auch Knudsen auf Grund von Gasanalysen das Oberflächenwasser nur hinabsinken läßt (vgl. weiter unten bei Bestimmung der Grenzfläche die Temperatursprünge"!).

Die Abgeschlossenheit der Nordatlantischen Zirkulation, die gewissermaßen ein in sich fertiges Strombild zeigt, wie es qualitativ durch Dichteverschiedenheiten allein schon bedingt sein kann**), veranlaßt mich, den Nord- und Südatlantischen Ozean vor allem in bezug auf die Lage der Grenzfläche getrennt zu untersuchen. Nach dem vorhandenen Material wird es nur möglich sein, ein großzügiges Bild der Dichtigkeitsfläche im Gebiete des Nord- und Südatlantischen Oberflächenstromkreislaufes zu entwerfen.

Ich kann hier bereits früher gemachte Versuche nicht übergehen, aus der Dichteverteilung im Atlantischen Ozean auf dessen Oberflächengestaltung zu schließen:

Für den Nordatlantischen Ozean hat 1882 Bouquet de la Grye[21]) nach den durch die Challenger-Expedition gesammelten Dichtebestimmungen Linien gleicher Erhebung über eine beliebig angenommene „Nullfläche" konstruiert. Durch graphische Interpolation stellt er für jede Station die absoluten spezifischen Gewichte $S\,\frac{t^{0***})}{4^0}$ aller Tiefen von 100 zu 100 m bis zu 4000 m fest, multipliziert die Summe dieser 40 Ziffern mit 100 und erhält so den Wert einer Säule von destilliertem Wasser bei 4°, die jener Wassersäule das

*) Ich werde im folgenden unterscheiden zwischen den Ausdrücken „Unterstrom" und „Tiefenstrom", mit ersterem Wort bezeichne ich die aus dem Stauwasser der mittleren Breiten sich entwickelnden Horizontalunterströme (auf dem Schott'schen Zirkulationsschema im Nordatlantischen Ozean in 1000 m, im Südatlantischen Ozean in 800 m Tiefe erkennbar), mit letzterem die „polaren Tiefenverschiebungen".

**) s. S. 263.

***) d. h. Dichte des Seewassers bei $t^0$ bezogen auf destilliertes Wasser von 4°.

[12]) XVI, S. 8. [13]) XVI, S. 42. [14]) X, S. 170. [15]) V, S. 319. [16]) IX, „Report on oceanic circulation"; XXV, Litt. Ber. 305; X, S. 186. [17]) XXVI, S. 65. [18]) X, S. 153. [19]) X, S. 173. [20]) X, Atlas, Tafel 17—19. [21]) VI, S. 474.

Gleichgewicht hält. Die für die einzelnen Stationen erhaltenen Zahlen stehen im umgekehrten Verhältnis zu einander wie die Niveauhöhen. Auf diese Weise erhält B. de la Grye z. B. zwischen einer Depression etwa 8° nördlich von den Kapverden und den Gewässern südlich von der Halbinsel Neu-Schottland die beträchtlichen Höhendifferenzen von 6—7 m. Auffallend ist, daß der Autor auch die zahlreichen Stationen benutzt, bei denen nur spezifische Gewichte des Oberflächen- und des Bodenwassers gegeben sind; dies scheint doch recht gewagt, zumal die „Dichtekurven" in den oberen Schichten des Wassers häufig unregelmäßig verlaufen. Leider hat B. de la Grye die von ihm durch Interpolation erhaltenen Dichtewerte nicht mit veröffentlicht.

Einen Versuch, lediglich nach den spezifischen Gewichten des Oberflächenwassers die Form der Oberfläche im Bereiche des Golfstromes festzustellen, hat J. Thoulet[22]) gemacht. Natürlich kann diese Methode bestenfalls nur relative Erhebungen und Neigungen der Oberfläche wiedergeben, ohne Niveauzahlen zu liefern. Ich werde hierauf später zurückkommen*).

Die Zahlen einiger Autoren über allein durch Dichteunterschiede bedingte Neigung der Oberfläche des Nordatlantischen Ozeans vom Äquator bis zum Polarkreis sind hier auch anzuführen: Zöppritz[23]) läßt die Druckdifferenz zwischen dem polaren und äquatorialen Wasser von der Verschiedenheit der spezifischen Gewichte der oberen 2000 m herrühren und berechnet sie gleich einer Wassersäule von 6 m. Ferrel[24]) berücksichtigt nur die Unterschiede der Temperaturen und erhält eine Überhöhung der äquatorialen Säule über die polare von nur 1,5 m. Schott[25]) endlich ist der Ansicht, daß für Niveauverschiedenheiten, soweit sie auf Dichteunterschiede zurückzuführen sind, Dichtedifferenzen höchstens der oberen 500 m in Betracht kommen: die hydrostatische Druckdifferenz zwischen Polarkreis und Äquator berechnet er auf 2,25 m als Maximalwert. Schließlich gibt als Gradient zwischen dem Guineastrom einerseits und dem nördlichen und südlichen Äquatorialstrom andrerseits Krümmel[26]) die Werte 0,24 bezw. 0,16 m an unter Benutzung der in den oberen Schichten von 100 m gemessenen spezifischen Gewichte.

Das jedenfalls geht aus allen diesen Zahlen — selbst aus den größeren — hervor, daß auf die Formation der Oberfläche und damit auf die Oberflächenströme Dichteunterschiede im Alantischen Ozean kaum von erheblichem Einfluß sein können. Wir werden im weiteren sehen, daß wir unter Anwendung der Mohn'schen Methode zum Teil noch geringere Werte erhalten, wie die oben genannten.

Im Vergleich zu den zahlreichen Temperaturreihen, die die Verhältnisse der Tiefsee zeigen, ist die Zahl der Salzgehalt- bezw. Dichtebestimmungen äußerst gering. Auf vielen Expeditionen ist zwar das spezifische Gewicht des Oberflächen- und des Bodenwassers untersucht worden, die Zwischentiefen dagegen, die für unsere Zwecke vor allem in Betracht kommen, sind unberücksichtigt geblieben. Im Atlantischen Ozean liegen in erster Linie die Messungen der Challenger-Expedition[27]) vor, außerdem noch verhältnismäßig wenig Untersuchungen der „Vitiaz"-[28]) (11), „Buccaneer"-[29]) (6), „National"-[30]) (2) und der „Gauss"-[31]) (2) Expedition; daneben benutze ich zur Aushülfe einzelne Messungen der „Gazelle"-[32]) und der „Valdivia"-[33]) Fahrt. Die „Gazelle" bringt zwar zahlreiche Dichtewerte der Wasserschicht zwischen der Oberfläche und 183 m Tiefe und des Bodenwassers, aber leider keine aus den Zwischenstufen der Tiefsee. In der „Valdivia"-Arbeit nimmt, wie Schott sagt[34]), die Dichte des Tiefenwassers nur eine untergeordnete Stellung ein, und so werden hier auch im Atlantischen Ozean nur vereinzelte Dichtemessungen aus der Tiefe 1000 m geliefert. Buchanan hat auf der „Buccaneer"-Fahrt spezifische Gewichte der „Zwischentiefen" nur an einigen Stationen bestimmt, die mit solchen der „Challenger"-Expedition zusammenfielen; im übrigen beschränken sich seine Dichtemessungen auch nur auf Oberflächen- und Bodenwasser.

Zur Berechnung der Dichtigkeitsfläche ist natürlich nur die absolute Dichte $S\,\frac{t^0}{4^0}$ zu verwerten. Diese ist in den „Challenger"-, „Vitiaz"-, „National"- und „Valdivia"-Zahlen direkt gegeben; die „Gazelle"-Werte liefern die spezifischen Gewichte $S\,\frac{17.5^0}{17.5^0}$ und $S\,\frac{t^0}{17.5^0}$, die des „Buccaneer" $S\,\frac{15.56^0}{4^0}$ und der „Gauss"-Bericht gibt Temperatur- und Salzgehalt-Kurven. Die Umwandlungen in $S\,\frac{t^0}{4^0}$ habe ich nach den in der Literatur

*) S. 259.

[22]) VII, S. 289. [23]) V, S. 287. [24]) V, S. 286; XXVIII, Litt. Ber. 427. [25]) XVII, S. 59. [26]) V, S. 412. [27]) VIII, Bd. I. [28]) XV. [29]) XIV, Heft 4 u. 5. [30]) XIII C, S. 86 ff. [31]) XI, Tafel IV. [32]) XII, S. 26 ff., S. 54 ff. [33]) X, § 29. [34]) X, S. 222.

mehrfach wiedergegebenen Formeln und Tabellen[35]) ausgeführt. Für unsere Zwecke ist das durchschnittliche spezifische Gewicht der Wassersäulen zwischen der Oberfläche und Tiefen bis zu 2000 m zu bestimmen. Das vorhandene Material weist im allgemeinen Dichtemessungen von der Oberfläche, den Tiefen 25, 50, 100, 200, 300 und 400 engl. Faden und dem Meeresboden auf. Da der Wert $S\,\frac{t^0}{4^0}$ in dem Bereich unserer Untersuchungen bis zu einer Tiefe von etwa 150 m mit den Temperaturen jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen ist[36]), die vorhandenen Messungen aber in den verschiedensten Monaten gemacht sind, so habe ich die Werte für die spezifischen Gewichte der Oberfläche der von Schott entworfenen Dichtekarte[37]) entnommen, die auf Jahresmitteln beruht. Durch graphische Interpolation sind dann die spezifischen Gewichte der Tiefen 100, 200, 300 etc. m festgestellt, und zwar bei den Stationen die nur vereinzelte Tiefseemessungen aufweisen, unter Anlehnung an den Verlauf der diesbezüglichen Dichtekurven benachbarter Stationen. Die so erhaltenen Werte sind im Anhang 1 zusammengestellt. Über die stellenweise nicht geringen Unterschiede[38]) zwischen Tiefsee-Dichtemessungen an gleichen Orten im Bereiche der Äquatorialströmungen gilt dasselbe, was Krümmel[39]) und Schott[40]) über die entsprechenden Temperaturdifferenzen sagen, daß nämlich gerade in jenen heftigen Strömungen Fehler in der Tiefeneinstellung der Thermometer — und natürlich auch der Wasserschöpfer — sehr leicht möglich sind, die „bei dem großen Temperaturgradienten zumal in den oberen Schichten das Resultat erheblich fälschen können".

Nach einem Buchanan'schen Diagramm[41]), das die vertikale Verteilung des spezifischen Gewichts $S\,\frac{15.56^0}{4^0}$ in den äquatorialen Gegenden und im Südatlantischen Ozean zeigt, habe ich unter Benutzung der Dittmar'schen[42]) Reduktionstafel und der Werte, die ich selbst mittelst der oben erwähnten Dichtekurven gefunden habe, in einem entsprechenden Querschnitt die Verteilung der Dichte $S\,\frac{t^0}{4^0}$ wiedergegeben.

Schwierigkeiten macht bisweilen die Entscheidung, ob gemessene Dichtewerte mit Beobachtungsfehlern behaftet oder richtig sind. Daß eine Anzahl von Fehlern vorliegt, scheint sicher zu sein[43]): auch Schott[44]) äußert sich in dem Sinne; er erklärt die stellenweise ganz unverhältnismäßig hohen Salzgehalt- bezw. Dichteangaben aus der Tiefsee damit, daß die gebrauchten Wasserschöpfer in solchen Fällen nicht gut funktioniert haben, so daß Oberflächenwasser mit in den Apparat hineingekommen ist; eine weitere Fehlerquelle ist oben in durch starke Abtrift bedingten Ungenauigkeiten in der Tiefeneinstellung erwähnt. In der Zusammenstellung der von mir benutzten Werte habe ich am Kopf jeder Station die gemessenen Größen angeführt und hier diejenigen eingeklammert, die ich als wahrscheinlich falsch bei Herstellung der Dichtekurven und des Diagramms nicht benutzt habe. Die angegebenen Werte sind nicht für den Tiefendruck korrigiert[45]).

Zu bemerken ist noch, daß von mir die spezifischen Gewichte nur bis zur 4. Dezimale angeführt und demgemäß für die Berechnung der Dichtigkeitsfläche benutzt sind; denn die an sich schon vorhandene Unsicherheit[46]) der 5. bei den Messungen (Schwankungen des Schiffs bei Aräometerablesungen, Fehler in der Tiefenbestimmung u. a.; vgl. ob.) wächst natürlich bei Ergänzung der Zahlen durch graphische Interpolation.

In Anhang 2 sind die durchschnittlichen spezifischen Gewichte der Wassersäulen 0—100, 0—200, 0—300 etc. m zusammengestellt unter der Bezeichnung $\Sigma h$, wo h die Länge der Säule angibt. Diese Werte, die sich einfach als arithmetisches Mittel der in gleichem Abstand gegebenen spezifischen Gewichte ergaben[47]), sind bis zur 5. Dezimale berechnet.

Die Festlegung der Grenzfläche ist ein schwacher Punkt der Mohn'schen Theorie[48]); andrerseits ist aber gerade deren Lage von größter Bedeutung, denn je nachdem diese Niveaufläche zu hoch oder zu tief angenommen wird, erhalten wir zu kleine oder zu große Niveaudifferenzen[49]), und damit würden die Werte der Dichtigkeitsfläche zur schließlichen Bestimmung der „Stromfläche" unbrauchbar sein. Demgemäß sind zunächst eingehende Untersuchungen über die Lage der Grenzfläche im Atlantischen Ozean anzustellen.

---

[35]) XXIX, S. 174 ff.; XXIII, Heft 109, S. 16 ff., S. 40; X, S. 220; und „Hydrographische Tabellen" von Knudsen. [36]) X, S. 148; XVII, S. 77; IV, 250; XIX, S. 152. [37]) X, Atlas Taf. 35. [38]) vgl. auch XXI, Litt. Ber. 497. [39]) XIII C, S. 57 ff. [40]) X, S. 149. [41]) VIII, Bd. I, Diagramm 3. [42]) VIII, Bd. I, Teil 1, S. 70; vgl. dazu XXIV, Litt. Ber. 324. [43]) XIX, S. 119. [44]) X, S. 218. [45]) vgl. X, S. 220. [46]) XIII C, S. 65; X, S. 54. [47]) II, S. 12. [48]) III, S. 16. [49]) II, S. 14.

Die Grenzfläche ist die Schicht des Zeichenwechsels der Druckunterschiede und der Bewegungsrichtungen in der Niveaufläche; die Horizontalströmungen über und unter ihr haben also entgegengesetzte Richtungen, sie selbst ist eine neutrale Schicht; Dichteunterschiede des Wassers unterhalb ihrer sollen auf die Gestaltung der Dichtigkeitsfläche keinen Einfluß ausüben. Ich habe oben Tiefenzahlen einiger Autoren erwähnt, für diejenige Wasserschicht im Nordatlantischen Ozean, unterhalb derer sie Dichteunterschiede als für Niveaudifferenzen der Oberfläche bedeutungslos erachteten (Bouquet de la Grye 4000 m; Zöppritz 2000 m; Schott 500 m); dies wären also Grenzflächen im letztgenannten Sinne obiger Definition.

Mohn legt seinen Berechnungen zur Theorie der Grenzfläche einen parabolischen Querschnitt zu Grunde, eine Voraussetzung, die für ein Weltmeer wie den Atlantischen Ozean, dessen Tiefe im Verhältnis zur Ausdehnung nur unbedeutend ist, jedenfalls annähernd zutrifft. Er findet unter Berücksichtigung der Geschwindigkeit des Oberflächen- und des Unterstroms für die Tiefe h der Grenzfläche 0,15 H, wo H die größte Tiefe des betrachteten Meeres ist. Den gleichen Wert stellt Engelhardt für die Tiefe der Ostsee-Grenzfläche fest. Fraglich ist, wie groß H im Atlantischen Ozean anzunehmen ist: die bisher gefundene Maximaltiefe von 8300 m kann als „kesselförmiges Loch" unmöglich in Betracht kommen. Wegemann[50]) rechnet mit den Tiefen 6000 bis 6500 m der großen atlantischen Becken und erhält h = 900 bis 1000 m. Zu erwägen wäre auch, ob für H nicht etwa der Oberflächenabstand der polaren Tiefenströme zu setzen wäre im Hinblick darauf, daß sich bereits oberhalb dieser vertikale Kreisläufe abspielen (natürlich nicht ohne sie in die Bewegung hineinzuziehen; — vgl. Schott's Zirkulationsschema)[51]). Der säkulare Tiefenstrom setzt nach Schott im Nordatlantischen Ozean in etwa 2000 m, im Südatlantischen in etwa 1000 bis 1500 m Tiefe ein[52]); die entsprechenden Grenzflächen würden dann nach der Formel h = 0,15 H in ca. 300 bezw. 200 m Tiefe liegen.

Aus dem bisherigen geht schon hervor, daß jene Formel kaum ein sicheres Resultat für die Tiefenlage der Grenzfläche liefert, vor allem, da über die tatsächlichen Geschwindigkeiten (vgl. oben die Feststellung der Formel) der Unterströme fast nichts bekannt ist.

Eine von Witte[53]) gegebene Formel zur Bestimmung der Tiefe der stromlosen Schicht zwischen zwei Wassersäulen verschiedener spezifischen Gewichte ist ebenfalls nicht anzuwenden, da sie die Niveauunterschiede beider Säulen als bekannt voraussetzt.

Mohn hält sich in der Tat selbst zur endgültigen Festlegung der Grenzfläche an die Strömungen, wie sie sich aus der Wärmeverteilung in der Tiefsee ergeben: dort, wo der warme Oberflächen- und der kältere Unterstrom sich berühren, müssen die Isothermen dicht aneinander lagern. In dieser Berührungsschicht nimmt Mohn die Grenzfläche an. Wegemann will sie danach im Atlantischen Ozean in 900 bis 1000 m Tiefe (s. oben) legen, zumal hier nach den Tiefenstrommessungsversuchen des „Challenger" in 32° n. Br. eine stromlose Schicht sein soll[54]). In nebenstehenden Tafeln habe ich, um jene Schicht zu bestimmen, Temperaturdifferenzen zusammengestellt, die sich aus Messungen verschiedener Expeditionen für den Nord- und Südatlantischen Ozean ergeben.

In diesen Temperatur-Differenzen-Reihen ist die oberste Wasserschicht von 0—100 m bezw. 0—100 Faden als für unsere Zwecke nicht in Betracht kommend unberücksichtigt geblieben. Um nicht zuviel mit Werten zu rechnen, die sich durch graphische Interpolation ergeben haben, mit anderen Worten, um jene Differenzen möglichst nach den tatsachlich gemessenen Zahlenwerten festzustellen, habe ich den Angaben des „Challenger", der „Gazelle" und der „Porcupine" das Fadenmaß, denen der „Valdivia" das Metermaß zu Grunde gelegt. Da die Lage einer Wasserschicht, in der die Isothermen sich häufen, aus den relativen Temperaturunterschieden zwischen den einzelnen Tiefen der jedesmal betrachteten Station sich ergibt, so ist eine Gleichartigkeit jener Differenzen-Reihen in bezug auf die Mächtigkeit der einzelnen Schichten für unseren Zweck unnötig. Es sind vor allem diejenigen Temperaturreihen der genannten Expeditionen angeführt, in denen „Temperatursprünge" bemerkbar sind, außerdem noch einige charakteristische, bei denen das nicht der Fall ist.

[50]) III, S. 16. [51]) X, S. 164; XVII, Fig. 14, S. 84. [52]) X, S. 152, 153. [53]) XVIII, S. 317; V, S. 299. [54]) V, S. 424.

## Nordatlantischer Ozean.

### a) Messungen des „Challenger“ [55]).

| Station | Breite | Länge | Temperatur-Differenzen in „Grad Celsius“ zwischen den Tiefen von: Engl. Faden / Meter | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 100—200 / 183—366 | 200—300 / 366—550 | 300—400 / 550—732 | 400—500 / 732—914 | 500—600 / 914—1097 | 600—700 / 1097—1280 | 700—800 / 1280—1463 | 800—900 / 1463—1646 | 900—1000 / 1646—1829 |
| 52 | 39° 44′ n. Br. | 63° 22′ w. L. | 0.5 | 1.4 | **4.4** | **3.9** | 2.5 | 1.2 | 0.4 | - | - |
| 73 | 38° 30′ „ | 31° 14′ „ | 1.5 | 1.7 | **2.8** | 1.9 | 1.2 | 0.8 | 0.5 | | |
| 69 | 38° 23′ „ | 37° 21′ „ | 1.1 | 1.7 | **2.5** | **2.6** | 2.2 | 1.1 | 0.6 | | - |
| 71 | 38° 18′ „ | 34° 48′ „ | 2.0 | 2.3 | **2.6** | 1.8 | 0.9 | 0.7 | 0.5 | - | |
| 67 | 37° 54′ „ | 41° 44′ „ | 1.6 | 0.4 | 2.8 | **4.5** | 2.5 | 1.4 | 0.6 | - | |
| 66 | 37° 24′ „ | 44° 14′ „ | 0.8 | 0.8 | 2.4 | **2.9** | **3.1** | 2.1 | | — | |
| 65 | 36° 33′ „ | 47° 58′ „ | 0.3 | 1.3 | 2.2 | 2.9 | **3.8** | 1.8 | 1.1 | | - |
| 53 | 36° 30′ „ | 63° 40′ „ | 0.3 | 1.8 | 3.4 | **5.0** | 2.2 | 0.8 | 0.3 | - | - |
| 41 | 36° 5′ „ | 69° 54′ „ | 0.6 | 1.3 | 2.8 | **4.5** | 3.4 | — | - | - | — |
| 64 | 35° 35′ „ | 50° 27′ „ | 0.4 | 2.0 | **3.5** | **3.6** | — | — | | — | |
| 62 | 35° 7′ „ | 52° 32′ „ | 0.5 | 2.3 | **3.8** | **3.5** | 2.1 | 0.8 | 0.4 | | — |
| 80 | 35° 3′ „ | 21° 25′ „ | 1.7 | 0.8 | 0.6 | 0.8 | 0.9 | **1.3** | **1.3** | **1.5** | 0.8 |
| 61 | 34° 54′ „ | 56° 38′ „ | 0.6 | 1.5 | **3.8** | **3.8** | — | — | | - | — |
| 60 | 34° 28′ „ | 58° 56′ „ | 0.8 | 1.8 | **3.9** | **4.5** | 1.6 | 0.9 | 0.3 | — | - |
| 39 | 34° 3′ „ | 67° 32′ „ | 0.1 | 0.7 | 3.3 | **4.3** | 3.6 | — | — | | - |
| 82 | 33° 46′ „ | 19° 17′ „ | 2.2 | 1.0 | 0.5 | 0.8 | 0.8 | 1.1 | **1.5** | 1.3 | 0.8 |
| 55 | 33° 20′ „ | 64° 37′ „ | 0.7 | 0.7 | 3.3 | **4.8** | 3.1 | 1.1 | — | - | - |
| 38 | 33° 3′ „ | 66° 32′ „ | 1.3 | 0.4 | 2.5 | **4.7** | 3.6 | 1.3 | 0.7 | — | — |
| 59 | 32° 54′ „ | 63° 22′ „ | 0.9 | 0.6 | **4.6** | **4.4** | 2.5 | 1.1 | 0.3 | — | — |
| 354 | 32° 41′ „ | 36° 6′ „ | 2.9 | 2.5 | 2.1 | 1.6 | 1.3 | 0.9 | 0.9 | 0.7 | 0.5 |
| 37 | 32° 18′ „ | 65° 38′ „ | 0.5 | 0.7 | 3.0 | **4.1** | **3.6** | 1.6 | 0.7 | — | - |
| 57B | 32° 9′ „ | 65° 10′ „ | 0.8 | 1.6 | **3.8** | **4.0** | 2.8 | 1.0 | 0.4 | — | — |
| 29 | 27° 49′ „ | 64° 59′ „ | 1.0 | 2.7 | **3.9** | **3.4** | 1.7 | 0.7 | 0.4 | — | — |
| 353 | 26° 21′ „ | 33° 37′ „ | 3.1 | 2.7 | 2.5 | 1.8 | 1.5 | 1.1 | 0.7 | | |
| 28 | 24° 39′ „ | 65° 25′ „ | 2.0 | 2.9 | **3.6** | **3.7** | 1.6 | 0.7 | 0.6 | | — |
| 27 | 22° 49′ „ | 65° 19′ „ | 4.3 | 4.3 | 4.1 | 2.6 | 1.5 | 0.8 | 0.5 | - | |
| 15 | 20° 49′ „ | 48° 45′ „ | 3.5 | 3.6 | 3.5 | 2.4 | 0.9 | 0.5 | 0.2 | — | - |
| 17 | 20° 7′ „ | 52° 32′ „ | 4.1 | 4.2 | 3.3 | 2.1 | 1.3 | 0.7 | 0.4 | — | - |
| 25 | 19° 41′ „ | 65° 7′ „ | 4.1 | 4.2 | 3.6 | 2.0 | 1.3 | 0.9 | 0.5 | - | - |
| 20 | 18° 56′ „ | 59° 35′ „ | 4.9 | **5.6** | 2.6 | 1.4 | 0.7 | 0.4 | 0.4 | — | — |
| 22 | 18° 40′ „ | 62° 56′ „ | 4.2 | 4.0 | 3.0 | 2.1 | 1.2 | 1.0 | 0.7 | - | - |
| 100 | 7° 1′ „ | 15° 55′ „ | 3.2 | 2.5 | 1.7 | 0.8 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | | - |
| 106 | 2° 6′ „ | 22° 53′ „ | 5.6 | 2.4 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | — | — |

### b) Messungen der „Gazelle“ [56]).

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 44° 30′ n. Br. | 11° 43′ w. L. | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | **2.4** | 1.6 | 1.1 | 0.7 |
| 3 | 42° 9′ „ | 14° 38′ „ | 0.9 | 0.4 | 0.1 | 0.3 | 0.9 | **1.5** | **1.8** | 1.2 | 0.8 |
| 4 | 38° 48′ „ | 17° 19′ „ | 1.4 | 0.7 | 0.4 | 0.9 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | **1.4** | 1.0 |
| 5 | 35° 43′ „ | 17° 50′ „ | 1.7 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | 0.6 | 1.1 | 1.3 | **1.8** | 1.3 |
| 7 | 31° 12′ „ | 20° 44′ „ | 3.1 | 1.8 | 0.9 | 0.6 | 1.0 | **1.3** | 1.2 | 1.1 | 0.7 |
| 8 | 27° 40′ „ | 23° 23′ „ | 3.5 | 2.2 | 1.5 | 0.8 | 0.8 | **1.1** | 0.9 | 0.9 | 0.4 |

### c) Messungen der „Porcupine“ [57]).

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| — | 59° 35′ n. Br. | 9° 11′ w. L. | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | **1.2** | — | — | | — |
| - - | 56° 7′ „ | 14° 19′ „ | 0.2 | 0.2 | 0.1 | **0.9** | **0.8** | — | | — | - - |
| — | 49° 12′ „ | 12° 53′ „ | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | **1.0** | **1.1** | 0.9 | — | — |

[55]) VIII, Teil 3. [56]) XII, S. 44 ff. [57]) IV, S. 257.

d) Messungen der „Valdivia“ [58]).

| Station | Breite | Länge | Temperatur-Differenzen in „Grad Celsius“ zwischen den Tiefen von: 100—200 Meter | 200—300 | 300—400 | 400—500 | 500—600 | 600—700 | 700—800 | 800—900 | 900—1000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | 43° 32′ n. Br. | 14° 27′ w. L. | 0.9 | 0.8 | 0.5 | 0.3 | **0.5** | **0.5** | 0.2 | 0.4 | 0.4 |
| 37 | 16° 14′ „ | 22° 38′ „ | 1.2 | 1.3 | 1.4 | **1.9** | **1.8** | 0.8 | 0.6 | 0.4 | 0.3 |
| 55 | 2° 37′ „ | 3° 28′ ö. L. | 1.6 | 1.6 | 1.3 | 0.8 | 0.5 | 0.8 | **1.6** | 1.2 | 0.5 |
| 63 | 2° 0′ „ | 8° 4′ „ | 1.3 | **2.9** | 1.7 | 0.8 | 0.6 | **1.1** | **1.2** | 0.6 | 0.5 |

## Südatlantischer Ozean.

a) Messungen des „Challenger“.

| Station | Breite | Länge | Temperatur-Differenzen in „Grad Celsius“ zwischen den Tiefen von: Engl. Faden / Meter: 100—200 / 183—366 | 200—300 / 366—550 | 300—400 / 550—732 | 400—500 / 732—914 | 500—600 / 914—1097 | 600—700 / 1097—1280 | 700—800 / 1280—1463 | 800—900 / 1463—1646 | 900—1000 / 1646—1829 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 342 | 9° 43′ s. Br. | 13° 51′ w. L. | 3.6 | 1.9 | 1.1 | 0.9 | 0.6 | 0.4 | 0.1 | 0.3 | 0.1 |
| 341 | 12° 16′ „ | 13° 44′ „ | 5.8 | 2.4 | 1.3 | 0.5 | 0.2 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.0 |
| 340 | 14° 33′ „ | 13° 42′ „ | 6.6 | 2.8 | 1.1 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 |
| 339 | 17° 26′ „ | 13° 52′ „ | 6.0 | 3.3 | 1.8 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.1 |
| 338 | 21° 15′ „ | 14° 2′ „ | 7.3 | 3.8 | 2.3 | 0.4 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.1 |
| 337 | 24° 38′ „ | 13° 36′ „ | 4.4 | 3.9 | 3.4 | 1.4 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 336 | 27° 54′ „ | 13° 13′ „ | 4.3 | 3.3 | 2.4 | 1.5 | 0.5 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.0 |
| 335 | 32° 24′ „ | 13° 5′ „ | 3.3 | 3.0 | 2.8 | 2.0 | 0.9 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 131 | 29° 35′ „ | 28° 9′ „ | 3.5 | 3.4 | 3.5 | 1.7 | 0.7 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.0 |
| 132 | 35° 25′ „ | 23° 40′ „ | 2.9 | **3.4** | 2.2 | 0.6 | — | — | — | — | — |
| 323 | 35° 39′ „ | 50° 47′ „ | 4.4 | 4.5 | 4.2 | 1.7 | 0.6 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 137 | 35° 59′ „ | 1° 34′ ö. L. | 2.1 | **4.0** | 2.3 | 1.0 | — | — | — | — | — |
| 138 | 36° 22′ „ | 8° 12′ „ | 3.0 | **3.6** | 2.3 | 0.9 | — | — | — | — | — |
| 136 | 36° 43′ „ | 7° 13′ w. L. | 1.6 | **3.4** | 2.0 | 0.9 | 0.4 | — | — | — | — |
| 325 | 36° 44′ „ | 46° 16′ „ | 3.4 | **6.2** | 2.5 | 0.9 | 0.6 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 327 | 36° 48′ „ | 42° 45′ „ | **5.0** | **5.0** | 3.1 | 1.2 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 332 | 37° 29′ „ | 27° 31′ „ | 2.0 | **4.5** | 2.8 | 0.7 | 0.2 | 0.0 | — | — | — |
| 330 | 37° 45′ „ | 33° 0′ „ | 1.7 | **4.6** | 2.3 | 1.1 | 0.5 | 0.1 | 0.0 | — | — |
| 331 | 37° 47′ „ | 30° 20′ „ | 2.1 | **4.3** | 2.1 | 1.1 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | — | — |

b) Messungen der „Gazelle“.

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 161 | 1° 42′ s. Br. | 25° 24′ w. L. | 1.2 | **4.2** | 1.6 | 0.8 | 0.3 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | — |
| 26 | 4° 8′ „ | 15° 4′ „ | 0.5 | **3.9** | 0.7 | 0.5 | 0.8 | 0.9 | 0.4 | 0.2 | 0.3 |
| 29 | 4° 42′ „ | 7° 17′ „ | 1.6 | **2.7** | 2.1 | 1.6 | 0.3 | 0.1 | 0.0 | — | — |
| 31 | 5° 3′ „ | 8° 58′ ö. L. | 3.4 | 0.9 | **2.5** | **2.6** | 0.6 | 0.0 | 0.1 | — | — |
| 27 | 7° 45′ „ | 14° 43′ w. L. | 1.7 | **2.8** | 2.0 | 1.4 | 0.4 | — | — | — | — |
| 34 | 15° 19′ „ | 6° 41′ ö. L. | 2.7 | **3.6** | 2.1 | 1.3 | 0.0 | — | — | — | — |
| 158 | 22° 22′ „ | 25° 27′ w. L. | 4.8 | **6.0** | 3.1 | 1.6 | 0.0 | 0.0 | — | — | — |
| 35 | 24° 24′ „ | 0° 11′ ö. L. | 2.0 | **5.1** | 0.5 | 0.1 | 0.7 | 1.0 | 0.6 | — | — |
| 157 | 29° 21′ „ | 26° 1′ w. L. | 2.7 | **3.9** | 0.1 | **4.2** | 0.5 | 0.4 | — | — | — |
| 36 | 33° 28′ „ | 1° 9′ „ | 2.5 | 2.2 | **3.4** | 2.6 | 0.9 | 0.4 | 0.1 | — | — |
| 155 | 34° 11′ „ | 41° 54′ „ | 1.8 | **6.0** | 2.0 | 1.1 | 0.4 | — | — | — | — |
| 156 | 34° 26′ „ | 31° 52′ „ | 2.2 | **3.9** | 3.0 | 1.2 | 0.8 | 0.2 | — | — | — |
| 154 | 34° 36′ „ | 49° 46′ „ | 2.4 | **6.6** | 2.8 | 1.5 | 0.0 | — | — | — | — |

[58]) X, S. 138 ff.

c) Messungen der „Valdivia".

| Meter . . . . . | | | Temperatur-Differenzen in „Grad Celsius" zwischen den Tiefen von: | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 100—200 | 200—300 | 300—400 | 400—500 | 500—600 | 600—700 | 700—800 | 800—900 | 900—1000 |
| Station | Breite | Länge | | | | | | | | | |
| 73 u. 74 | 10° s. Br. | 10° ö. L. | 1.3 | **2.4** | 2.2 | 1.5 | 1.1 | 0.8 | 0.4 | 0.2 | 0.1 |
| 82 | 21° 53′ „ | 6° 59′ „ | 2.1 | **2.9** | 1.7 | 1.2 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | **1.0** | **1.1** |
| 86 | 28° 29′ „ | 6° 14′ „ | 0.5 | 1.2 | 1.4 | **2.6** | 1.6 | 0.8 | 0.3 | 0.3 | 0.5 |
| 90 | 33° 20′ „ | 15° 58′ „ | 1.4 | **1.7** | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.2 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |

Die Differenzen lassen im allgemeinen folgende Merkmale erkennen: Sprungschichten der Tiefsee finden sich unter den Oberflächenströmen sowohl im Nord- wie im Südatlantischen Ozean, und zwar sind sie besonders scharf ausgeprägt unter dem westlichen und nördlichen[59]) Arm des Nordatlantischen und unter dem südlichen und östlichen Arm des Südatlantischen Stromringes. Im Süden fällt der Sprung fast durchweg zwischen 200 und 300 Faden d. h. in ca. 450 m, im Norden in ca. 750 m Tiefe. An der europäisch-nordafrikanischen Seite sinken die Stellen mit Maximal-Differenzen auf 1000—1500 m herab und diese sind dementsprechend weniger scharf ausgeprägt. Zu beachten ist indes, daß die unter 49° 12′ n. Br. gelegene Porcupine-Station, die besonders ausführliche Messungen enthält, in der von Hensen[60]) angegebenen „Zehnmetergradienten"-Reihe

| Tiefen in m | 185. | 275. | 365. | 455. | 550. | 640. | 730. | 825. | 915. | 1100. | 1280. | 1370. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temp.-Diff. f. je 10 m | 0.01 | 0.03 | 0.01 | 0.04 | 0.02 | 0.04 | **0.05** | 0.01 | 0.05 | **0.06** | **0.06** | |

auch zwischen 700 und 800 m einen Temperatursprung erkennen läßt, also in derselben Tiefe, wie sie oben für den westlichen Teil des Nordatlantischen Ozeans gefunden wurde. Nach der äquatorialen Auftriebzone hin rücken die Maximal-Differenzen immer weiter nach oben;[61]) die Folge ist, daß hier ein Gegensatz zu Differenzen der oberen Schichten in den Zahlen obiger Zusammenstellung nicht ausgeprägt ist, womit noch nicht bewiesen ist, daß er dort überhaupt nicht vorhanden. Hervorzuheben ist, daß auch die in den Stromstillen gelegenen Stationen eine Tiefsee-Sprungschicht in jenen Zahlen nicht aufweisen, nämlich die Challenger-Stationen 353, 354 und 335—342; der Grund hierfür liegt nicht etwa in zu geringer Entfernung vom Äquator, denn in den westlichen und östlichen Teilen der Oberflächenstromringe zeigt sich die Erscheinung noch an Stationen, die bedeutend näher der äquatorialen Auftriebzone liegen.

Hieraus geht hervor, daß die genannte Sprungschicht nicht die Grenzschicht zwischen den Oberflächen- und den polaren Tiefenströmen sein kann*), wie schon die verhältnismäßig geringe Tiefe jener Schicht zeigt. Auch bildet sie nicht etwa die Tiefengrenze, bis zu der die absteigende Bewegung des Wassers erfolgt; die Warmwasseranhäufungen in beiden Roßbreiten-Gebieten wie an der europäischen Seite der Golfstromtrift reichen noch in erheblich größere Tiefen, und umso bemerkenswerter erscheint daher jene Unterbrechung der vertikalen Bewegung durch die unter den Oberflächenströmen deutlich ausgeprägte Sprungschicht.

Wenn wir also an den Stellen der „Häufung der Isothermen" bezw. des „steileren Abfalls der Temperaturkurven" mit Mohn und Boguslawski[62]) eine Stromgrenzschicht erblicken wollen, so müssen wir in jenen Tiefen Unterströme einsetzen lassen, die eventuell noch oberhalb der polaren Tiefenverschiebungen verlaufen. Diese Grenzschicht liegt in den mittleren Breiten des Nord-Atlantischen Ozeans in etwa 750 m, des Südatlantischen in etwa 450 m Tiefe.

Die Grenzfläche zur Bestimmung der Dichtigkeitsfläche in jene Tiefen, im Nordatlantischen Ozean sogar noch weiter nach oben zu legen, dazu veranlaßt mich auch die Dichteanordnung in der Tiefsee.

Bekanntlich nimmt die Dichte $S\frac{t^0}{4^0}$ des Meerwassers im allgemeinen mit der Tiefe zu, wobei wir ganz von der durch den Tiefendruck bedingten Änderung absehen. Diese Zunahme erfolgt nicht etwa gleichartig an den verschiedenen Punkten eines Meeresbeckens, sondern vor allem in den oberen Schichten

*) vgl. S. 255.

[59]) vgl. IV, S. 247, Fig. 6, Kurve A. [60]) XIII B, S. 126. [61]) XIII C, S. 56; X, S. 150. [62]) IV, S. 246.

zeigt sie große Verschiedenheiten. So läßt sich häufig die Beobachtung machen, daß die spezifischen Gewichte zweier Stationen sich in der Tiefe umgekehrt verhalten wie an der Oberfläche. Das bekannteste Beispiel hierfür bietet eine oftmals festgestelle Dichteanordnung an Flußmündungen[63]), indem hier das Wasser der Meeresoberfläche nahezu ausgesüßt ist, während es in verhältnismäßig geringer Tiefe erheblich schwereres spezifisches Gewicht aufweist als etwa die entsprechende Tiefe auf hoher See. Diese Tatsache erklärt sich bekanntlich durch die Reaktionswirkung des auslaufenden Flußwassers. Die gleiche Wahrnehmung ist aber auch im offenen Ozean zu machen, wie deutlich der Querschnitt über die vertikale Verteilung der Dichte $S\frac{t^0}{4^0}$ im Atlantischen Ozean zeigt (Anhang 4). Wir finden hier unter dem leichten aber rasch strömenden Oberflächenwasser der äquatorialen Zone in recht geringer Tiefe höhere spezifische Gewichte wie in gleichen Tiefen der mittleren Breiten, deren Oberflächenwasser bedeutend schwerer, als das jener Zone ist.

Im kleinen zeigt nachstehende Zusammenstellung der spezifischen Gewichte je zweier Stationen in verschiedenen Teilen des Atlantischen Ozeans gleichfalls jene Erscheinung. Ganz deutlich erkennt man in diesen Zahlen, daß auch im offenen Ozean ein Bestreben herrscht, relativ schweres oder leichtes Oberflächenwasser durch Tiefenwasser von entgegengesetztem spezifischen Gewicht wieder gewissermaßen auszugleichen, und daß somit durch Dichteunterschiede bedingte Wasserversetzungen lokaler Art nicht nur auf Meeresstraßen beschränkt sind, wofern wir nämlich in jener Dichteanordnung wie in dem oben genannten Beispiel ein Anzeichen für das Vorhandensein von Reaktionsströmen erblicken. Der Begriff „ausgleichen" ist hier in dem Sinne zu verstehen, das die Dichteanordnung das durchschnittliche spezifische Gewicht der Gesamtwassersäulen einheitlichen Werten zu nähern trachtet.

| Tiefe in m | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Station *) | | | | | | | | |
| Ch. 80 | 1.02 62 | 1.02 67 | 1.02 69 | 1.02 71 | 1.02 72 | 1.02 73 | 1.02 74 | 1.02 75 |
| Ch. 88 | 56 | 65 | 70 | 72 | 74 | 75 | 76 | 77 |
| Ch. 80 | 62 | 67 | 69 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 |
| Pl. 15 | 58 | 62 | 65 | 68 | 71 | 74 | 76 | 78 |
| Bu. 3 | 22 | 63 | 65 | 68 | 70 | 74 | 76 | 76 |
| Bu. 7 | 15 | 65 | 66 | 70 | 73 | 74 | 75 | — |
| Bu. 2 | 24 | 65 | 66 | 70 | 72 | 72 | 73 | — |
| Bu. 43 | 29 | 64 | 67 | 68 | 74 | 75 | — | — |
| Ch. 336 | 58 | 61 | 64 | 67 | 70 | 72 | 73 | 73 |
| Ch. 342 | 47 | 58 | 68 | 72 | 75 | 75 | 75 | 74 |
| Vit. 18 | 47 | 53 | 59 | 65 | 70 | 73 | 75 | — |
| Vit. 19 | 49 | 56 | 61 | 64 | 67 | 69 | 70 | — |

Der Umstand, daß die besprochene Erscheinung auch im Großen sich zeigt — vgl. die vertikale Verteilung von $S\frac{t^0}{4^0}$ in dem erwähnten Querschnitt — und daß sie hier ihre Erklärung in Strömungen findet wie sie bereits aus der Wärmeverteilung im Atlantischen Ozean abgeleitet sind (vgl. in Schott's Zirkulationsschema das „äquatoriale Auftriebwasser"), läßt den Schluß zu; daß auch in der Gesamtzirkulation des Ozeanwassers Dichteunterschiede wohl nicht die untergeordnete Rolle spielen, die man ihnen im allgemeinen nur zuerkennen will. Es sei hier nochmals erinnert an die Identität zwischen der aus der Wärmeverteilung abgeleiteten Gesamtzirkulation im Nordatlantischen Ozean und dem Stromsystem, das sich aus der ideellen Dichteverteilung ergeben muß. Freilich leuchtet ein, daß gerade auf die Gestaltung der Oberfläche das Bestreben, Dichte-Abnormitäten „wieder gut zu machen", ebenfalls ausgleichend wirken muß; es wird z. B. den verhältnismäßig großen Überhöhungen, die das ausgesüßte Wasser an den Flußmündungen oder das

[63]) V, S. 360; XVII, S. 151; XV, S 222.

*) Hier und weiterhin gebrauche ich folgende Abkürzungen: Bu. = Buccaneer; Ch. = Challenger; G. = Gauss; Gaz. = Gazelle; Pl. = Plankton-Exped. („National"); V. = Valdivia; Vit. = Vitiaz (Makaroff). Die daneben stehende Ziffer bezeichnet die Stationsnummer der betr. Expedition.

äquatoriale Wasser für die Oberflächenform zur Folge haben müßte, entgegengewirkt durch relativ schweres Tiefenwasser. Dann aber können auf die Oberflächenströme, wenn man diese als von dem Gefälle der Oberfläche abhängig auffaßt, das nach Mohn in der durch Wind- und Dichteverhältnisse bedingten Stromfläche zum Ausdruck kommt, Dichteunterschiede nur von sehr geringem Einfluß sein, und man darf nicht deren Bedeutung auf die Wasserversetzungen — auch im Großen — nach den Werten der Dichtigkeitsfläche bezw. nach den aus den spezifischen Gewichten berechneten Neigungsverhältnissen abschätzen wollen.

Nun läßt sich aber der Einwurf erheben, daß das „Ausgleichungsbestreben" die Bildung der sogen. Dichtigkeitsfläche unmöglich macht. Demgegenüber ist auf eine zweite Erscheinung hinzuweisen, die der erwähnte meridionale Querschnitt erkennen läßt: es zeigt sich nämlich, daß nur bis zu einer gewissen Tiefe die Linien gleicher Dichte $S\frac{t^0}{4^0}$ von den beiderseitigen Zonen mittlerer Breiten nach dem Äquator hin aufwärts verlaufen (etwa die Linien 1.0260 bis 1.0268); unterhalb dieser Tiefe haben sie die entgegengesetzte Neigung, sodaß höhere Dichtewerte in dem äquatorialen Gebiet wiederum tiefer liegen als in jenen Breiten, die Linien demnach denselben Verlauf haben, wie in den allerobersten Schichten. Mit andern Worten: das Bestreben, die geringe Dichte des äquatorialen Oberflächenwassers durch relativ schweres Tiefenwasser auszugleichen, scheint von einer gewissen Tiefe ab nicht mehr vorhanden zu sein, und bis zu dieser kommt, wie sich weiterhin zeigen wird, der Ausgleich nicht völlig zustande.

Die bisher geschilderte Dichteanordnung muß sich vor allem in den Werten $\Sigma_h$, den durchschnittlichen spezifischen Gewichten der Wassersäulen 0—100, 0—200, 0—300, . . . . 0—h m Tiefe, die den Druck in den Tiefen 100, 200, 300, . . . . h m bedingen, bemerkbar machen und zwar in der Weise, daß die Unter-

| Station | $\Sigma$ 100 | $\Sigma$ 200 | $\Sigma$ 300 | $\Sigma$ 400 | $\Sigma$ 500 | $\Sigma$ 600 | $\Sigma$ 700 | $\Sigma$ 800 | $\Sigma$ 900 | $\Sigma$ 1000 | $\Sigma$ 1100 | $\Sigma$ 1200 | $\Sigma$ 1300 | $\Sigma$ 1400 | $\Sigma$ 1500 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ch. 80 | 645 | 660 | 672 | 682 | 690 | 697 | 703 | 710 | 716 | 721 | 728 | — | — | — | — |
| Ch. 88 | 605 | 636 | 657 | 674 | 686 | 697 | 706 | 713 | 717 | 723 | 727 | — | — | — | — |
| $\Delta$ | + 40 | + 24 | + 15 | + 8 | + 4 | ± **0** | — 3 | — 3 | — 3 | — 2 | + 1 | — | — | — | — |
| Ch. 80 | 645 | 660 | 672 | 682 | 690 | 697 | 703 | 710 | 716 | 721 | 728 | — | — | — | — |
| Ch. 92 | 570 | 600 | 635 | 660 | 676 | 687 | 695 | 701 | 707 | 711 | 715 | — | — | — | — |
| $\Delta$ | + 75 | + 60 | + 37 | + 22 | + 14 | + 10 | + **8** | + 9 | + 9 | + 10 | + 13 | — | — | — | — |
| Ch. 76 | 655 | 673 | 685 | 696 | 704 | 712 | 720 | 726 | 733 | 739 | 745 | 751 | 757 | — | — |
| Ch. 97 | 475 | 553 | 600 | 630 | 651 | 667 | 678 | 687 | 695 | 701 | 705 | 710 | 714 | — | — |
| $\Delta$ | + 180 | + 120 | + 85 | + 66 | + 53 | + 45 | + 42 | + 39 | + **38** | + **38** | + 40 | + 41 | + 43 | — | — |
| Ch. 76 | 655 | 673 | 685 | 696 | 704 | 712 | 720 | 726 | 733 | 739 | 745 | 751 | 757 | 764 | 770 |
| Ch. 352 | 455 | 530 | 570 | 596 | 620 | 637 | 650 | 661 | 670 | 677 | 683 | 687 | 693 | 698 | 701 |
| $\Delta$ | + 200 | + 143 | + 115 | + 100 | + 84 | + 75 | + 70 | + 65 | + 63 | + **62** | + **62** | + 64 | + 64 | + 66 | + 69 |
| Ch. 336 | 595 | 610 | 625 | 638 | 650 | 660 | 668 | 676 | 684 | 690 | — | — | — | — | — |
| Ch. 342 | 525 | 576 | 612 | 640 | 658 | 671 | 680 | 688 | 693 | 700 | — | — | — | — | — |
| $\Delta$ | + 70 | + 34 | + **13** | — 2 | — 8 | — 11 | — 12 | — 12 | — 9 | — 10 | — | — | — | — | — |
| Bu. 3*) | 428 | 503 | 547 | 577 | 604 | 626 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Bu. 7 | 401 | 487 | 541 | 578 | 606 | 626 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| $\Delta$ | + 27 | + 16 | + **6** | — 1 | — 2 | ± 0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Bu. 2*) | 452 | 521 | 565 | 595 | 616 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Bu. 43 | 465 | 534 | 571 | 604 | 629 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| $\Delta$ | — 13 | — 13 | — **6** | — 9 | — 13 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Vit. 18 | 500 | 530 | 560 | 588 | 611 | 631 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Vit. 19 | 525 | 553 | 575 | 594 | 610 | 623 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| $\Delta$ | — 25 | — 23 | — 15 | — **6** | + 1 | + 8 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

*) Hier sind die Werte $\Sigma_h$ nicht dem Anh. 2 entnommen, sondern unter Benutzung der gemessenen Oberflächendichte berechnet; vgl. S. 245.

schiede zwischen den Werten $\Sigma h$ der verschiedenen Stationen von der Oberfläche ab mit der Tiefe erst ab- und dann wieder zunehmen. Vorstehende Zusammenstellung einiger Stationen aus verschiedenen Teilen des Atlantischen Ozeans mag zunächst das hier gesagte veranschaulichen, bevor wir es anwenden zur Bestimmung der Tiefenlage der Grenzfläche.

Es sind in jener Tabelle die Werte $\Sigma h$ je 2er Stationen mit einander verglichen und zwar in der Weise, daß ihre Differenzen $\Delta$ in den verschiedenen Tiefenhorizonten wiedergegeben sind. Bei den Werten $\Sigma h$ ist zu ergänzen 1.02, und dementsprechend zeigt die Reihe $\Delta$ nur die Differenzen der 5ten Dezimale.

Es leuchtet ein, daß die Horizontalschicht geringster $\Sigma h$-Differenzen, oberhalb und unterhalb deren die Unterschiede der den Druck und damit die Strömungen bedingenden Werte $\Sigma h$ größer sind, mit der stromlosen Schicht zwischen Wassersäulen verschiedener spezifischer Gewichte, d. h. mit der Mohn'schen „Grenzfläche" identisch sein muß. In der Tat lassen obige Differenzen erkennen, daß zum Teil in der Tiefe das Verhältnis zwischen den Werten $\Sigma h$ sich geradezu umkehrt d. h. daß hier eine Wasserversetzung stattfindet in einer der Oberflächenströmung entgegengesetzten Richtung (vgl. Mohn's Theorie).

Wir haben also nunmehr die Aufgabe, die durchschnittliche Tiefenlage jener Schicht geringster $\Sigma h$-Differenzen im Nord- und Südatlantischen Ozean festzustellen. Dies würde keine Schwierigkeiten bereiten, wenn die gegebenen Stationen sich gleichmäßig über den Ozean verteilten; da das indes nicht der Fall ist, habe ich ein Verfahren eingeschlagen, das zunächst für den Nordatlantischen Ozean auseinandergesetzt sein möge.

Um 1. möglichst verschiedene Punkte der mutmaßlichen Dichtigkeitsfläche zu berücksichtigen, 2. möglichst viele der gegebenen Stationen zu benutzen, und 3. keinen Meeresteil zu bevorzugen, habe ich auf einer Linie quer durch das Gebiet der Stromstillen — etwa von der Sierra Leone-Küste bis zur Halbinsel Neu-Schottland — eine Anzahl benachbarter Stationen zu je einer Station vereinigt, und zwar die Stationen Ch. 96, 97, 350, 351, 352 zur Station A, deren Dichtewerte $\Sigma A$ das Mittel der Werte $\Sigma h$ jener Stationen bilden, Ch. 88, 90, 91, 92 zu B ($\Sigma B$), Ch. 68, 353, 354, Pl. 12, Pl. 15 zu C ($\Sigma C$) und endlich Ch. 52, 53, 62 zu D ($\Sigma D$). Diese Stationen A bis D verteilen sich ziemlich gleichmäßig auf der genannten Linie. Aus den Werten $\Sigma A$ bis $\Sigma D$ habe ich die mittlere Dichte $\Sigma M$ und die Differenzen zwischen $\Sigma M$ und den spezifischen Gewichten $\Sigma A$ bis $\Sigma D$ berechnet. Die Summen der absoluten Differenzen ergeben dann ein Bild über die Dichteunterschiede in den einzelnen Tiefenhorizonten.

Im Südatlantischen Ozean liegen die benutzten einzelnen Stationen auf einer Nordsüdlinie durch die Stromstillen; das Zusammenfassen einer größeren Anzahl zu je einer Station, wie im Nordatlantischen Ozean ist nach dem vorhandenen Material nicht möglich.

Endlich habe ich noch zur Probe jenes Verfahren auf das in Bezug auf seine Dichteverhältnisse weit genauer untersuchte „Europäische Nordmeer" angewandt und hier die in der Tafel genannten Mohnschen Stationen zu sechs Gruppen vereinigt auf einer Linie von einem etwa in der Mitte zwischen Island und den Färöer gelegenen Punkt bis zur Südspitze der Spitzbergen.

Bei den Werten $\Sigma$ ist in allen Tafeln wiederum 1.02 zu ergänzen, und auch hier zeigen die Reihen $\Delta$ und dementsprechend die Schlußreihen der Tafeln nur die Differenzen bezw. die Summe der letzten Dezimalen. Um keinen Zweifel aufkommen zu lassen, sei hier nochmals bemerkt, daß den Werten $\Sigma h$ im Nord- und Südatlantischen Ozean das Metermaß, im Europäischen Nordmeer das Fadenmaß zu Grunde liegt; da im letzteren die spezifischen Gewichte der Tiefen 100, 200 etc. Faden lückenlos gegeben sind, eine Ergänzung durch graphische Interpolation mithin unnötig ist (s. S. 245), so habe ich hier die Werte $\Sigma h$ bis zur 6. Dezimale berechnet.

Die 3 Tafeln lassen folgendes erkennen: Im Europäischen Nordmeer liegt in 300 Faden Tiefe eine Schicht geringster Dichte- ($\Sigma h$) Unterschiede (s. Reihe „Summe der absoluten Differenzen"), also in derselben Tiefe, in der Mohn auf Grund der Wärmeverteilung die Grenzfläche annimmt[64]); nach oben wie nach unten nehmen die Differenzen zu*)[65]); ein Verhalten, das ich durch den sich öffnenden Winkel markiert habe. Im Nordatlantischen Ozean nehmen die Unterschiede von den obersten Schichten an, wo sie bei

[64]) I, S. 161; XX, Heft 79, S. 6. [65]) vgl. I, S. 185 f; XX, Heft 79, S. 14 f. und V, S. 157: die Zunahme der Geschwindigkeiten mit der Tiefe.

*) s. S. 264, Druckgradient, und S. 266.

## Nordatlantischer Ozean.

| Station | $\Sigma_{100}$ | $\Sigma_{200}$ | $\Sigma_{300}$ | $\Sigma_{400}$ | $\Sigma_{500}$ | $\Sigma_{600}$ | $\Sigma_{700}$ | $\Sigma_{800}$ | $\Sigma_{900}$ | $\Sigma_{1000}$ | $\Sigma_{1100}$ | $\Sigma_{1200}$ | $\Sigma_{1300}$ | $\Sigma_{1400}$ | $\Sigma_{1500}$ | $\Sigma_{1600}$ | $\Sigma_{1700}$ | $\Sigma_{1800}$ | $\Sigma_{1900}$ | $\Sigma_{2000}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ch. 350 | 410 | 490 | 540 | 574 | 598 | 617 | 632 | 645 | 656 | 664 | 672 | 679 | 685 | 690 | 695 | 699 | 703 | 706 | 710 | 713 |
| „ 351 | 445 | 516 | 565 | 598 | 620 | 637 | 650 | 660 | 669 | 676 | 682 | 687 | 692 | 697 | 701 | 705 | 708 | 712 | 715 | 718 |
| „ 352 | 455 | 530 | 570 | 596 | 620 | 637 | 650 | 661 | 670 | 677 | 683 | 687 | 693 | 698 | 701 | 705 | 708 | 711 | 714 | 717 |
| „ 97 | 475 | 553 | 600 | 630 | 651 | 667 | 678 | 687 | 695 | 701 | 705 | 710 | 714 | 718 | 721 | 724 | 726 | 729 | 731 | 733 |
| „ 96 | 540 | 600 | 632 | 652 | 668 | 680 | 690 | 695 | 701 | 705 | 710 | 713 | 717 | 720 | 722 | 725 | 727 | 730 | 732 | 733 |
| A ($\Sigma_A$) | 465.0 | 537.8 | 581.4 | 610.0 | 631.4 | 647.6 | 660.0 | 669.6 | 678.2 | 684.6 | 690.4 | 695.2 | 700.2 | 704.6 | 708.0 | 711.6 | 714.4 | 717.6 | 720.4 | 722.8 |
| Ch. 88 | 605 | 636 | 657 | 674 | 686 | 697 | 706 | 713 | 719 | 723 | 727 | 731 | 735 | 738 | 740 | 743 | 745 | 747 | 749 | 751 |
| „ 90 | 565 | 593 | 617 | 638 | 655 | 668 | 678 | 687 | 695 | 701 | 706 | 711 | 715 | 720 | 723 | 727 | 730 | 733 | 736 | 738 |
| „ 91 | 550 | 580 | 610 | 632 | 648 | 661 | 672 | 681 | 688 | 693 | 698 | 703 | 707 | 710 | 713 | 717 | 720 | 722 | 725 | 727 |
| „ 92 | 570 | 600 | 635 | 660 | 676 | 687 | 695 | 701 | 707 | 711 | 715 | 720 | 723 | 726 | 729 | 732 | 735 | 737 | 739 | 741 |
| B ($\Sigma_B$) | 572.5 | 602.2 | 629.7 | 651.0 | 666.2 | 678.2 | 687.7 | 695.5 | 702.2 | 707.0 | 711.5 | 716.2 | 720.0 | 723.5 | 726.2 | 729.7 | 732.5 | 734.7 | 737.2 | 739.2 |
| Ch. 68 | 595 | 610 | 620 | 630 | 640 | 648 | 656 | 663 | 670 | 676 | 681 | 686 | 690 | 694 | 697 | 700 | 703 | 706 | 709 | 711 |
| „ 354 | 600 | 623 | 645 | 662 | 675 | 685 | 696 | 705 | 713 | 719 | 725 | 730 | 734 | 738 | 742 | 745 | 748 | 752 | 755 | 757 |
| Pl. 12 | 580 | 593 | 612 | 630 | 645 | 658 | 671 | 682 | 692 | 701 | 709 | 715 | 721 | 727 | 732 | 737 | 741 | 745 | 750 | 753 |
| „ 15 | 600 | 616 | 632 | 648 | 663 | 677 | 690 | 702 | 714 | 724 | 734 | 742 | 749 | 756 | 761 | 767 | 772 | 776 | 781 | 784 |
| Ch. 353 | 605 | 623 | 637 | 652 | 668 | 681 | 691 | 699 | 705 | 710 | 716 | 720 | 724 | 728 | 731 | 734 | 737 | 740 | 743 | 746 |
| C ($\Sigma_C$) | 596.0 | 613.0 | 629.2 | 644.4 | 658.2 | 669.8 | 680.8 | 690.2 | 698.8 | 706.0 | 713.0 | 718.6 | 723.6 | 728.6 | 732.6 | 736.6 | 740.2 | 743.8 | 747.6 | 750.2 |
| Ch. 53 | 575 | 590 | 607 | 622 | 633 | 641 | 648 | 653 | 660 | 664 | 669 | 673 | 677 | 680 | 684 | 687 | 691 | 694 | 697 | 700 |
| „ 52 | 600 | 616 | 625 | 632 | 638 | 644 | 648 | 653 | 657 | 661 | 664 | 667 | 670 | 674 | 676 | 680 | 682 | 685 | 689 | 691 |
| „ 62 | 590 | 610 | 625 | 636 | 645 | 654 | 663 | 673 | 682 | 689 | 695 | 700 | 705 | 710 | 714 | 718 | 722 | 725 | 729 | 733 |
| D ($\Sigma_D$) | 588.3 | 605.3 | 619.0 | 630.0 | 638.6 | 646.3 | 653.0 | 659.6 | 666.3 | 671.3 | 676.0 | 680.0 | 684.0 | 688.0 | 691.3 | 695.0 | 698.3 | 701.3 | 705.0 | 708.0 |
| A, B, C, D $\Sigma_M$ | 555.4 | 589.5 | 614.7 | 633.8 | 648.6 | 660.4 | 670.3 | 678.7 | 686.3 | 692.2 | 697.7 | 702.5 | 706.9 | 711.1 | 714.5 | 718.2 | 721.3 | 724.3 | 727.5 | 730.0 |
| $\Delta$ [$\Sigma_M$, $\Sigma_A$] | 90.4 | 51.7 | 33.3 | 23.8 | 17.2 | 13.8 | 10.3 | 9.1 | 8.1 | 7.6 | 7.3 | 7.3 | 6.7 | 6.5 | 6.5 | 6.6 | 6.9 | 6.7 | 7.1 | 7.2 |
| $\Delta$ [$\Sigma_M$, $\Sigma_B$] | 17.1 | 12.7 | 15.0 | 17.2 | 17.6 | 17.8 | 17.4 | 16.8 | 15.9 | 14.8 | 13.8 | 13.7 | 13.1 | 12.4 | 11.7 | 11.5 | 11.2 | 10.4 | 9.7 | 9.2 |
| $\Delta$ [$\Sigma_M$, $\Sigma_C$] | 40.6 | 23.5 | 14.5 | 10.6 | 9.6 | 9.4 | 10.5 | 11.5 | 12.5 | 13.8 | 15.3 | 16.1 | 16.7 | 17.5 | 18.1 | 18.4 | 18.9 | 19.5 | 20.1 | 20.2 |
| $\Delta$ [$\Sigma_M$, $\Sigma_D$] | 32.9 | 15.8 | 4.3 | 3.8 | 10.0 | 14.1 | 17.3 | 19.1 | 20.0 | 20.9 | 21.7 | 22.5 | 22.9 | 23.1 | 23.2 | 23.2 | 23.0 | 23.0 | 22.5 | 22.0 |
| Summe der absoluten Differenzen | 181.0 | 103.7 | 69.1 | 55.4 | 54.4 | 54.1 | 55.5 | 56.5 | 56.5 | 57.1 | 58.1 | 59.6 | 59.4 | 59.5 | 59.5 | 59.7 | 60.0 | 59.6 | 59.4 | 58.4 |

## Südatlantischer Ozean.

| Station | $\Sigma_{100}$ | $\Sigma_{200}$ | $\Sigma_{300}$ | $\Sigma_{400}$ | $\Sigma_{500}$ | $\Sigma_{600}$ | $\Sigma_{700}$ | $\Sigma_{800}$ | $\Sigma_{900}$ | $\Sigma_{1000}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ch. 342 | 525 | 576 | 612 | 640 | 658 | 671 | 680 | 688 | 693 | 700 |
| „ 341 | 550 | 586 | 617 | 644 | 665 | 680 | 690 | 696 | 702 | 706 |
| „ 340 | 580 | 606 | 632 | 658 | 678 | 693 | 700 | 704 | 708 | 711 |
| „ 339 | 585 | 606 | 625 | 642 | 655 | 665 | 675 | 683 | 690 | 695 |
| „ 336 | 595 | 610 | 625 | 638 | 650 | 660 | 668 | 676 | 684 | 690 |
| $\Sigma_M$ | 567 | 597 | 622 | 644 | 661 | 674 | 682 | 689 | 695 | 700 |
| $\Delta$ [$\Sigma_M$, Ch. 342] | 41 | 21 | 10 | 4 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 0 |
| $\Delta$ [$\Sigma_M$, „ 341] | 17 | 11 | 5 | 0 | 4 | 6 | 8 | 7 | 7 | 6 |
| $\Delta$ [$\Sigma_M$, „ 340] | 13 | 9 | 10 | 14 | 17 | 19 | 18 | 15 | 13 | 11 |
| $\Delta$ [$\Sigma_M$, „ 339] | 18 | 9 | 3 | 2 | 6 | 9 | 7 | 6 | 5 | 5 |
| $\Delta$ [$\Sigma_M$, „ 336] | 28 | 13 | 3 | 6 | 11 | 14 | 14 | 13 | 11 | 10 |
| Summe der absoluten Differenzen | 117 | 63 | 31 | 26 | 41 | 51 | 49 | 42 | 38 | 31 |

## Europäisches Nordmeer.

Die Werte $\Sigma$ 100, 200 .... h bezeichnen das durchschnittl. spez. Gewicht der Wassersäulen 0—100, 0—200, .... 0—h engl. Faden Tiefe.

| Station | $\Sigma$ 100 | $\Sigma$ 200 | $\Sigma$ 300 | $\Sigma$ 400 | $\Sigma$ 500 | $\Sigma$ 600 | $\Sigma$ 700 | $\Sigma$ 800 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 37 | 761.0 | 771.0 | 787.0 | 798.0 | 805.2 | 810.6 | 815.0 | 819.0 |
| 40 | 747.0 | 760.5 | 776.0 | 784.5 | 789.8 | 793.1 | 794.3 | 796.5 |
| A ($\Sigma$ A) | 754.0 | 765.7 | 781.5 | 791.2 | 797.5 | 801.8 | 804.6 | 807.7 |
| 51 | 787.0 | 791.0 | 794.0 | 796.0 | 798.0 | 799.5 | 800.7 | 801.7 |
| 52 | 767.0 | 771.5 | 779.3 | 787.5 | 793.2 | 797.1 | 800.0 | 802.1 |
| B ($\Sigma$ B) | 777.0 | 781.2 | 786.6 | 791.7 | 795.6 | 798.3 | 800.3 | 801.9 |
| 243 | 785.0 | 784.0 | 786.0 | 788.0 | 789.4 | 790.3 | 791.0 | 791.6 |
| 245 | 776.0 | 782.0 | 786.6 | 789.7 | 791.2 | 791.6 | 792.3 | 792.8 |
| 247 | 768.0 | 725.5 | 781.0 | 784.7 | 787.0 | 788.3 | 789.5 | 790.5 |
| 183 | 769.0 | 774.5 | 778.6 | 782.0 | 785.4 | 787.8 | 791.4 | 794.2 |
| 213 | 771.0 | 776.0 | 779,6 | 782.0 | 784.4 | 787.6 | 791.0 | 794.0 |
| 215 | 781.0 | 783.5 | 786.0 | 788.5 | 791.6 | 793.8 | 795.3 | 765.2 |
| C ($\Sigma$ C) | 775.0 | 779.2 | 782.8 | 785.8 | 788.1 | 789.9 | 791.7 | 793.2 |
| 284 | 774.0 | 774.0 | 777.0 | 780.0 | 783.2 | 786.3 | 788.8 | 790.5 |
| 295 | 774.0 | 778.0 | 780.6 | 782.7 | 785.4 | 788.1 | 790.4 | 792.1 |
| 296 | 771.0 | 775.0 | 778.0 | 780.5 | 783.8 | 786.8 | 789.3 | 791.1 |
| 297 | 779.0 | 779.5 | 780.3 | 781.2 | 782.6 | 783.6 | 784.5 | 785.1 |
| D ($\Sigma$ D) | 774.5 | 776.6 | 778.9 | 781.3 | 783.7 | 786.2 | 788.2 | 789.7 |
| 304 | 777.0 | 781.0 | 783.3 | 784.7 | 785.8 | 786.5 | 786.8 | 787.0 |
| 305 | 781.0 | 783.5 | 785.0 | 786.2 | 787.6 | 788.5 | 789.1 | 789.3 |
| 306 | 775.0 | 777.0 | 779.3 | 781.2 | 783.0 | 784.8 | 786.1 | 786.8 |
| 308 | 771.0 | 773.5 | 776.6 | 778.7 | 780.4 | 782.0 | 783.5 | 784.8 |
| E ($\Sigma$ E) | 776.0 | 778.7 | 781.0 | 782.7 | 784.2 | 785.4 | 786.3 | 786.9 |
| 345 | 769.0 | 774.0 | 777.0 | 779.0 | 781.2 | 783.3 | 784.7 | 785.3 |
| 347 | 766.0 | 770.5 | 774.6 | 777.0 | 779.0 | 781.1 | 782.7 | 783.5 |
| 355 | 747.0 | 759.0 | 766.3 | 770.7 | 774.0 | 776.1 | 777.8 | 779.0 |
| 353 | 762.0 | 768.5 | 772.3 | 775.5 | 778.0 | 779.6 | 780.7 | 781.3 |
| F ($\Sigma$ F) | 761.0 | 768.0 | 772.5 | 775.5 | 778.0 | 780.0 | 781.4 | 782.2 |
| A, B, C, D, E, F<br>$\Sigma$ M | 769.5 | 774.9 | 780.5 | 784.7 | 787.8 | 790.2 | 792.0 | 793.6 |
| $\Delta$ [$\Sigma$ M, $\Sigma$ A] | 15.5 | 9.2 | 1.0 | 6.5 | 9.7 | 11.6 | 12.6 | 14.1 |
| $\Delta$ [$\Sigma$ M, $\Sigma$ B] | 7.5 | 6.3 | 6.1 | 7.0 | 7.8 | 8.1 | 8.3 | 8.3 |
| $\Delta$ [$\Sigma$ M, $\Sigma$ C] | 5.5 | 4.3 | 2.3 | 1.1 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.4 |
| $\Delta$ [$\Sigma$ M, $\Sigma$ D] | 5.0 | 1.7 | 1.6 | 3.4 | 4.1 | 4.0 | 3.8 | 3.9 |
| $\Delta$ [$\Sigma$ M, $\Sigma$ E] | 6.5 | 3.8 | 0.5 | 2.0 | 3.6 | 4.8 | 5.7 | 6.7 |
| $\Delta$ [$\Sigma$ M, $\Sigma$ F] | 8.5 | 6.9 | 8.0 | 9.2 | 9.8 | 10.2 | 10.6 | 11.4 |
| Summe der absoluten Differenzen | 48.5 | 32.2 | 19.5 | 29.2 | 35.3 | 39.0 | 41.3 | 44.8 |

weitem am größten sind, schnell ab bis zur Tiefe 600 m, in der sie ein Minimum aufweisen; hierauf folgt eine ganz allmähliche Zunahme bis zur Tiefe 1700 m, wo ein zweites Differenzen-Maximum liegt, unterhalb dessen die Werte abermals abzunehmen scheinen. Im Südatlantischen Ozean ist das Bild ähnlich: Abnahme der Differenzen bis zu einem Minimum in 400 m Tiefe, darauf Zunahme bis zur Tiefenschicht von 6—700 m; und endlich erneutes langsames Abnehmen.

Unter Beachtung der Tatsache, daß der Druck in einem beliebigen Punkt der Tiefsee in erster Linie von dem durchschnittlichen spezifischen Gewicht der auf ihn lastenden Wassersäule abhängt, daß somit die $\Sigma h$-Differenzen in einem Tiefenhorizont es sind, die vor allem die Druckunterschiede und damit Ausgleichströmungen bedingen, entnehmen wir obigen Tafeln folgendes Strombild: in den obersten Schichten müssen die Wasserversetzungen, soweit sie durch Dichteunterschiede verursacht werden, die relativ größte Geschwindigkeit haben; diese nimmt mit der Tiefe rasch ab bis zu einem Minimum bei 600 bezw. 400 m, um sodann in 1700 bezw. 6—700 m Tiefe ein abermaliges Maximum aufzuweisen. Jenes Minimum kennzeichnet demnach augenscheinlich die Grenzschicht zwischen dem Oberflächen- und dem in dem Maximum ausgeprägten Unterstrom. Letzterer wird, wie die Zahlen zeigen, bei weitem nicht die Geschwindigkeit der oberen Wasserbewegungen haben. Endlich scheint mit weiter zunehmender Tiefe eine abermalige Hemmung der Stromgeschwindigkeit einzutreten. Ob die Differenzen jetzt stetig bis zum Boden abnehmen, wir demnach jenen in der zweiten Maximaldifferenzen-Schicht ausgeprägten Unterstrom mit der Tiefenverschiebung von den Polen nach dem Äquator hin zu identifizieren haben, diese Frage muß dahingestellt bleiben; ihre Beantwortung auf Grund der Dichteverhältnisse dürfte vorläufig noch nicht möglich sein, denn gerade aus den großen Tiefen liegen nur ganz vereinzelte Messungen des spezifischen Gewichts vor. Wenn wir zwischen Unter- und Tiefenstrom unterscheiden wollen, so haben wir uns den Verlauf der Schlußdifferenzreihen obiger Tafeln im Atlantischen Ozean fortgesetzt zu denken, bis zu einem abermaligen Minimum als Grenze jener beider submarinen Strömungen, dem dann in noch größerer Tiefe wiederum ein Maximum folgt, in dem sich gewissermaßen der „Stromstrich" der Tiefenverschiebung ausprägt. Für diese Auffassung d. h. für eine Trennung zwischen Unter- und Tiefenstrom spricht

1. die geringe Tiefe von 600 bezw. 400 m, in der bereits — nach den Dichteverhältnissen zu urteilen — eine Unterströmung einsetzt (vgl. oben die Sprungschichten in 750 bezw. 450 m Tiefe)!; in diesen Tiefenhorizonten herrschen noch beträchtliche Temperaturunterschiede, ein Zeichen dafür, daß wir es hier noch nicht mit der sog. säcularen Tiefenverschiebung zu tun haben, die nach allgemeiner Annahme durch niedrige gleichmäßige Temperaturen charakterisiert ist. Auch Schott läßt für diese erst „die Bahn frei" sein im Nordatlantischen Ozean in 2—3000 m, im Südatlantischen in 1000—1500 m Tiefe[66]),
2. der Abstand zwischen der Grenzschicht in 600 bezw. 400 m Tiefe und der zweiten Maximal-Differenzenschicht in 1700 bezw. 6—700 m Tiefe! Wenn wir in dieser letzteren eine Schicht relativ größter Stromgeschwindigkeiten, also gewissermaßen eine solche des „Stromstriches" (s. ob.) erblicken, so erscheint bei Annahme, daß diese Stromstrich-Schicht bereits dem Tiefenstrom angehört, jener Abstand auffällig klein im Verhältnis zu dem großen Zwischenraum, der sie noch vom Meeresboden trennt. Nach der Zöppritz'schen Meeresströmungstheorie[67]) ordnen sich, „wenn man sich 2 entgegengesetzte Strömungen übereinander denkt und die Gegenströmung von der Tiefe x an bis zum Grunde dominiert, in der Oberströmung die Geschwindigkeiten genau so an, wie wenn in der Tiefe x ein fester Boden vorhanden wäre"; trifft dasselbe für die Unterströmung zu, denkt man sich diese also gewissermaßen zwischen fester Deck- und Bodenschicht dahinziehen, so würde sie ihre Maximalgeschwindigkeit etwa in der Mitte zwischen jenen Schichten aufweisen. Nach den Dichteverhältnissen zu schließen sind indes im Atlantischen Ozean Maximal-Geschwindigkeitsschichten der Tiefsee bereits in den geringen Tiefen von 1700 bezw. 6—700 m, folglich sind sie aufzufassen als zu Unterströmen gehörig, die sich oberhalb der Tiefenströme bewegen,

[66]) X, S. 152 f. [67]) V, S. 348.

3. der Umstand, daß die von den polaren Meeren zur äquatorialen Zone „hinkriechenden" Tiefenströme nicht wie die aus dem Stauwasser sich bildenden Unterströme unter dem Äquator sondern in etwa 20° nördlicher Br. zusammentreffen; das Schott'sche Zirkulationsschema deutet dies Zusammentreffen und einen daraus folgenden Auftrieb — etwa bis zum Unterstrom hin — sogar erst in den nördlichen Roßbreiten an d. h. dort, wo von oben her ein Sinken des Wassers stattfindet,

4. das Seite 249 über die Tiefsee-Sprungschicht Gesagte.

Schott selbst macht keinen Unterschied zwischen beiden Stromarten, doch will mir scheinen, als ob er eine gewisse Unklarkeit hierüber läßt. Sein Zirkulationsschema läßt nach meiner Meinung, wie aus dem unter 3. Gesagten hervorgeht, einen arktischen Tiefenstrom erkennen, der noch unterhalb eines aus den Stauwassern der mittleren Breiten sich bildenden Unterstromes dahinkriecht. Der nach dem Schema im Nordatlantischen Ozean schon in 1000 m Tiefe, wo noch Temperaturdifferenzeu bis zu 4° vorhanden sind, einsetzende Unterstrom enthält offenbar nur atlantisches Wasser, während von etwa 2000 m an nach Schott[68]) „ein ausgiebiger Tiefenstrom auch von hohen nördlichen Breiten, zumal aus der Baffinsbucht" — also mit arktischem Wasser — „äquatorwärts zieht." Dann aber müssen wir nach meiner Ansicht auch zwischen beiden Strömungen nach der Herkunft ihres Wassers unterscheiden. An anderer Stelle[69]) betont Schott wiederum, daß die Unterströmung „nur wenig Wasser des eigentlichen Polarmeerbeckens führt, sondern hauptsächlich aus allmählich im Vertikalkreislauf niedergesunkenem atlantischen Wasser besteht." Ganz deutlich läßt nach meiner Meinung das genannte Schema vor allem im Südatlantischen Ozean einen Unterschied zwischen dem antarktischen Tiefenstrom und einem bereits in etwa 800 m Tiefe einsetzenden Unterstrom erkennen. Auf die antarktische Strömung Bezug nehmend hebt Schott hervor[70]), daß man nicht eine solche einseitig vom Südpol kommende anzunehmen habe, sondern daß „vom Norden" — also wohl aus dem arktischen Meer — „ebensogut wie vom Süden in der Tiefe Wasser äquatorwärts sich bewegt".

Für unsere Untersuchungen hat die Entscheidung der den vorstehenden Erörterungen zu Grunde gelegten Frage den Wert, daß sie die Möglichkeit bietet, daraus einen Schluß zu ziehen auf die Dichteanordnung in den großen Tiefen des Ozeans, aus denen Messungen des spezifischen Gewichts noch nicht vorliegen. Ist von 600 bzw. 400 m ab bis zum Meeresboden ein einheitlicher Unterstrom vorhanden, so haben wir uns die von 1700 bzw. 6—700 m ab erfolgende Abnahme der Dichte-$\Sigma_h$-Differenzen in den einzelnen Tiefenhorizonten bis zum Meeresboden fortgesetzt zu denken d. h. in nur wenig größeren Tiefen bereits fast völlige Gleichmäßigkeit der Werte $\Sigma_h$ und des durch sie bedingten Druckes zu erwarten.

Zu beachten ist nun, daß die den obigen Tafeln entnommenen Tiefenzahlen für die Dichteanordnung nur die Verhältnisse wiedergeben, wie sie etwa im Durchschnitt unterhalb des Nord- und Südatlantischen Oberflächen-Stromkreislaufes bestehen. Schon die Tafel auf S. 251, läßt erkennen, daß die Tiefenlage der Schicht geringster $\Sigma_h$-Differenzen offenbar wechselt (vgl. oben die Temperatursprungschicht der Tiefsee und ferner die Abhängigkeit der Grenzfläche von der Gesamttiefe nach der Mohn'schen Formel!). Auch wird sich natürlich nicht in jedem durch einen Meeresteil gelegten Querschnitt bezw. bei jeder beliebigen Zusammenstellung von Stationen eine Schicht geringster $\Sigma_h$-Unterschiede berechnen lassen, ebensowenig wie jeder Querschnitt auf Grund der Dichteanordnung Strömungen erkennen läßt.

Nach den vorausgegangenen Untersuchungen über die Tiefenlage der Schicht des „Zusammenrückens der Isothermen" wie derjenigen der „geringsten $\Sigma_h$-Differenzen" werde ich die „Grenzfläche" für die Berechnung der Werte der Dichtigkeitsfläche im Nordatlantischen Ozean in 650 m, im Südatlantischen in 450 m Tiefe annehmen. Über die Wahl der Grenzfläche in der Äquatorialsee s. S. 257 Mitte.

Die Niveauzahlen berechnet Mohn nach der Formel:

$$d\,h = \frac{1+\frac{1}{2}\,b\cdot h}{\Sigma_0 h\,(1+b\cdot h)}\cdot\frac{1}{1-\beta\cdot\cos 2\,\varphi}\left[\Sigma_0 h - \Sigma_h\right],$$

wo die Symbole folgendes bezeichnen: d h ist die zu berechnende Niveauhöhe; $\varphi$ die geographische Breite der Station, deren Niveauhöhe berechnet werden soll; h die Tiefe der Grenzfläche in Metern;

[68]) X, S. 153. [69]) X, S. 154. [70]) X, S. 170.

$\beta = 0.00259$ [die Abhängigkeit der Schwerkraft von der Breite wird gegeben durch die Formel $g\varphi = g_{45^0}(1 - 0.00259 \cdot \cos 2\varphi)$]*); $\Sigma_h$ sind die Werte $\Sigma_{650}$ bzw. $\Sigma_{450}$ der im Nord- und Südatlantischen Ozean gegebenen Stationen; für $\Sigma_{0\,h}$, den sogen. „Normalwert", habe ich ungefähr den mittleren Wert aller Zahlen $\Sigma_{650}$ im Nordatlantischen und $\Sigma_{450}$ im Südatlantischen Ozean genommen, nämlich

$$\Sigma_{0\,650} = 1.02666 \text{ und } \Sigma_{0\,450} = 1.02637;$$

endlich ist $b = \frac{1}{R_{25^0}}$ [2—3 $\frac{K}{D}$], und zwar berechnet sich der Erdradius $R_{25^0}$ nach der Formel $R\varphi = \sqrt{\frac{a^4 + b^4 \cdot \operatorname{tang}^2 \varphi}{a^2 + b^2 \cdot \operatorname{tang}^2 \varphi}}$ mit den Bessel'schen Konstanten auf 6373620 m, K ist die Dichte der obersten Erdkugelschale von 400 bis 700 m Dicke, wo das Verhältnis zwischen Wasser und Land etwa 68:32 beträgt, sodaß K wird gleich $\frac{68 \cdot 1.026 + 32 \cdot 2{,}7}{100} = 1{,}56$; D, die mittlere Dichte der Erde, ist gleich 5,52, danach ergibt sich für b der Wert 0.000000 1807. Nach Einsetzen dieser Zahlen lautet obige Formel für den Nordatlantischen Ozean:

$$d\,h = \frac{633.083}{1 - \beta \cos 2\varphi}\,[1.02666 - \Sigma_{650}];$$

für den Südatlantischen Ozean:

$$d\,h = \frac{438.421}{1 - \beta \cdot \cos 2\varphi}\,[1.02637 - \Sigma_{450}].$$

Nach diesen Formeln habe ich für alle vorhandenen Stationen die vertikalen Koordinaten der Dichtigkeitsfläche berechnet; die erhaltenen Werte sind in umstehenden Tafeln zusammengestellt, und zwar sind die Niveauhöhen in cm angeführt, während die Formeln an sich die Höhen in m ergeben. Da nach den Temperatur- wie nach den Dichteverhältnissen (s. Tafel S. 251, Bu 3 u. 7, Bu 2 u. 43) die Grenzfläche in der äquatorialen Zone bis ca. 8—10° n. Br. offenbar höher liegt, wie sonst im Nordatlantischen Ozean, so habe ich für die zwischen 0 und 10° n. Br. gelegenen Stationen die Niveauhöhen nach beiden oben genannten Formeln berechnet, sofern nicht überhaupt — wie bei den „Buccaneer"- und „Vitiaz"-Messungen jener Zone — Dichtebestimmungen aus größerer Tiefe wie 200 Faden und 400 m fehlten und somit Berechnungen mit der „650 m-Grenzfläche" ausgeschlossen waren.

Die erhaltenen Werte habe ich in eine Karte eingetragen und die Niveaulinien der Dichtigkeitsfläche konstruiert, und zwar, wie oben erwähnt, indem ich die recht zahlreich vorhandenen Messungen der Oberflächendichte zu Hülfe genommen; in welcher Weise dies geschehen und wie weit hierzu überhaupt Berechtigung vorliegt, bedarf einer Erörterung:

Nach den gefundenen Niveauzahlen müssen in den beiderseitigen Roßbreiten wie unmittelbar unter dem Äquator Depressionen vorhanden sein — von der auf meiner Karte in der Gegend der Kapverden verzeichneten Senkung sehe ich vorläufig ab! —, die nach der von Schott entworfenen Karte über die „Verteilung des absoluten spezifischen Gewichtes $S\,\frac{t^0}{4^0}$ auf der Meeresoberfläche" nicht zu vermuten sind. Schott betont sogar[71]), daß das Oberflächenwasser von beiden Polen her nach den äquatorialen Gegenden — bis etwa 7° n. Br. — stetig leichter wird, ohne daß, wie bei dem Salzgehalt, in den Roßbreiten eine Zone großer Dichte sich einschiebt. Ich werde nun an der Hand einiger Oberflächen-Dichtemessungen zeigen, daß diese tatsächlich an denselben Orten relativ hohes spezifisches Gewicht aufweisen, an denen nach den gefundenen Niveauzahlen Depressionen zu erwarten sind. Freilich sind die Abweichungen von derjenigen Dichteanordnung, wie sie das erwähnte Gesetz ausspricht — „stetige Abnahme von den Polen zum Äquator" — meistens so gering, daß man geneigt sein könnte, sie auf Ungenauigkeiten in der Messung oder als durch Witterungseinflüsse bedingt, anzusehen, wenn nicht gewisse Erscheinungen in mehreren Beobachtungsreihen verschiedener Expeditionen wiederkehren würden. Diese Geringfügigkeit der

*) Eine neue Formel von Helmert (Sitz.-Berichte Akad. Berlin 1901, S. 336) für die Abhängigkeit der Schwere von der Breite lautet:

$$g\varphi = g_{45}\,(1 - 0.002644 \cos 2\varphi + 0.000007 \cos^2\varphi)$$

Da der Effekt dieser neueren Werte für die Breiten 0 bis 40° sich in obigen Rechnungen erst in der 5ten Dezimale von d h bemerkbar macht, so wird an unsern Resultaten nichts geändert.

[71]) X, S. 221.

## Nordatlantischer Ozean.

| Station | Breite | Länge (Gr.) | Σ 650 zu erg. 1.02 | d h in cm |
|---|---|---|---|---|
| Ch. 11 | 22° 45′ n. Br. | 40° 37′ w. L. | 669 | — 1.90 |
| „ 12 | 21° 57′ „ | 43° 29′ „ | 659 | + 4.44 |
| „ 13 | 21° 38′ „ | 44° 39′ „ | 649 | + 10.78 |
| „ 15 | 20° 49′ „ | 48° 45′ „ | 634 | + 20.29 |
| „ 16 | 20° 39′ „ | 50° 33′ „ | 636 | + 19.02 |
| „ 17 | 20° 7′ „ | 52° 32′ „ | 642 | + 15.22 |
| „ 21 | 18° 54′ „ | 61° 28′ „ | 637 | + 18.39 |
| „ 29 | 27° 49′ „ | 64° 59′ „ | 675 | — 5.70 |
| „ 51 | 41° 19′ „ | 63° 12′ „ | 714 | — 30.39 |
| „ 52 | 39° 44′ „ | 63° 22′ „ | 646 | + 12.66 |
| „ 53 | 36° 30′ „ | 63° 40′ „ | 644 | + 13.93 |
| „ 62 | 35° 7′ „ | 52° 32′ „ | 658 | + 5.07 |
| „ 68 | 38° 3′ „ | 39° 19′ „ | 652 | + 8.86 |
| „ 76 | 38° 11′ „ | 27° 9′ „ | 716 | — 31.67 |
| „ 80 | 35° 3′ „ | 21° 25′ „ | 700 | — 21.54 |
| „ 88 | 23° 58′ „ | 21° 18′ „ | 701 | — 22.19 |
| „ 90 | 20° 58′ „ | 22° 57′ „ | 673 | — 4.44 |
| „ 91 | 19° 4′ „ | 24° 6′ „ | 666 | ± 0 |
| „ 92 | 17° 54′ „ | 24° 41′ „ | 691 | — 15.86 |
| „ 96 | 12° 15′ „ | 22° 28′ „ | 685 | — 12.05 |
| „ 97 | 10° 25′ „ | 20° 30′ „ | 672 | — 3.80 |
| „ 100 | 7° 1′ „ | 15° 55′ „ | 640 | + 16.50 |
| „ 102 | 3° 8′ „ | 14° 49′ „ | 673 | — 4.44 |
| „ 107 | 1° 22′ „ | 26° 36′ „ | 651 | + 9.52 |
| „ 348 | 3° 10′ „ | 14° 51′ „ | 661 | + 3.17 |
| „ 349 | 5° 28′ „ | 14° 38′ „ | 643 | + 14.59 |
| „ 350 | 7° 33′ „ | 15° 16′ „ | 624 | + 26.65 |
| „ 351 | 9° 9′ „ | 16° 41′ „ | 643 | + 14.59 |
| „ 352 | 10° 55′ „ | 17° 46′ „ | 643 | + 14.59 |
| „ 353 | 26° 21′ „ | 33° 37′ „ | 686 | — 12.68 |
| „ 354 | 32° 41′ „ | 36° 6′ „ | 690 | — 15.21 |
| Vit. 14 | 33° 40′ „ | 15° 31′ „ | 669 | — 1.90 |
| „ 15 | 28° 15′ „ | 18° 39′ „ | 709 | — 27.26 |
| „ 16 | 3° 49′ „ | 25° 12′ „ | 624 | + 26.65 |
| „ 17 | 1° 58′ „ | 25° 12′ „ | 616 | + 31.73 |
| „ 229 | 37° 50′ „ | 9° 23′ „ | 713 | — 29.77 |
| Pl. 12 | 31° 43′ „ | 43° 1′ „ | 664 | + 1.26 |
| „ 15 | 30° 13′ „ | 37° 57′ „ | 683 | — 10.77 |
| V. 26 | 32° 1′ „ | 15° 5′ „ | 686 | — 12.67 |
| „ 33 | 24° 35′ „ | 17° 5′ „ | 656 | + 6.34 |

## Südatlantischer Ozean.

| Station | Breite | Länge (Gr.) | Σ 450 zu erg. 1.02 | d h in cm |
|---|---|---|---|---|
| Ch. 100 | 7° 1′ n. Br. | 15° 55′ w. L. | 603 | + 14.94 |
| „ 102 | 3° 8′ „ | 14° 49′ „ | 631 | + 2.64 |
| „ 107 | 1° 22′ „ | 26° 36′ „ | 622 | + 6.59 |
| „ 129 | 20° 13′ s. Br. | 35° 19′ „ | 657 | — 8.78 |
| „ 130 | 26° 35′ „ | 32° 56′ „ | 645 | — 3.51 |
| „ 131 | 29° 15′ „ | 28° 9′ „ | 631 | + 2.63 |
| „ 132 | 35° 25′ „ | 23° 40′ „ | 663 | — 11.40 |
| „ 136 | 36° 43′ „ | 7° 13′ „ | 673 | — 15.79 |
| „ 137 | 35° 59′ „ | 1° 34′ ö. L. | 660 | — 10.09 |
| „ 317 | 48° 37′ „ | 55° 17′ w. L. | 700 | — 27.62 |
| „ 318 | 42° 32′ „ | 56° 29′ „ | 686 | — 21.48 |
| „ 320 | 37° 17′ „ | 53° 52′ „ | 679 | — 18.42 |
| „ 323 | 35° 39′ „ | 50° 47′ „ | 607 | + 13.16 |
| „ 325 | 36° 44′ „ | 46° 16′ „ | 643 | — 2.63 |
| „ 329 | 37° 31′ „ | 36° 7′ „ | 681 | — 19.30 |
| „ 331 | 37° 47′ „ | 30° 20′ „ | 665 | — 12.28 |
| „ 332 | 37° 29′ „ | 27° 31′ „ | 667 | — 13.16 |
| „ 333 | 35° 36′ „ | 21° 12′ „ | 675 | — 16.67 |
| „ 334 | 35° 45′ „ | 18° 31′ „ | 656 | — 8.33 |
| „ 335 | 32° 24′ „ | 13° 5′ „ | 652 | — 6.58 |
| „ 336 | 27° 54′ „ | 13° 13′ „ | 646 | — 3.95 |
| „ 337 | 24° 38′ „ | 13° 36′ „ | 622 | + 6.58 |
| „ 338 | 21° 15′ „ | 14° 2′ „ | 645 | — 3.51 |
| „ 339 | 17° 26′ „ | 13° 52′ „ | 649 | — 5.27 |
| „ 340 | 14° 33′ „ | 13° 42′ „ | 668 | — 13.62 |
| „ 341 | 12° 16′ „ | 13° 44′ „ | 654 | — 7.47 |
| „ 342 | 9° 43′ „ | 13° 51′ „ | 649 | — 5.27 |
| „ 345 | 5° 45′ „ | 14° 25′ „ | 619 | + 7.91 |
| „ 346 | 2° 42′ „ | 14° 41′ „ | 642 | — 2.19 |
| „ 347 | 0° 15′ „ | 14° 25′ „ | 621 | + 7.03 |
| „ 348 | 3° 10′ n. Br. | 14° 51′ „ | 623 | + 6.15 |
| „ 349 | 5° 28′ „ | 14° 38′ „ | 607 | + 13.18 |
| „ 350 | 7° 33′ „ | 15° 16′ „ | 586 | + 22.41 |
| „ 351 | 9° 9′ „ | 16° 41′ „ | 609 | + 12.30 |
| „ 352 | 10° 55′ „ | 17° 46′ „ | 608 | + 12.74 |
| Vit. 16 | 3° 49′ „ | 25° 12′ „ | 596 | + 18.02 |
| „ 17 | 1° 58′ „ | 25° 12′ „ | 584 | + 18.50 |
| „ 18 | 12° 3′ s. Br. | 35° 15′ „ | 600 | + 16.26 |
| „ 19 | 16° 5′ „ | 35° 58′ „ | 602 | + 15.37 |
| „ 20 | 23° 59′ „ | 43° 43′ „ | 650 | — 5.70 |
| „ 21 | 26° 25′ „ | 44° 40′ „ | 608 | + 12.73 |
| „ 22 | 30° 21′ „ | 45° 41′ „ | 635 | + 0.87 |
| „ 23 | 36° 36′ „ | 53° 22′ „ | 678 | — 17.98 |
| G. 12 | 16° 54′ „ | 19° 46′ „ | 622 | + 6.59 |
| „ 29 | 35° 52′ „ | 13° 8′ ö. L. | 669 | — 14.04 |
| Ch. 139 u. V. 92 | 35° 0′ „ | 17° 0′ „ | 687 | — 21.94 |
| Bu. 2 | 7° 54′ n. Br. | 17° 25′ w. L. | 606 | + 13.62 |
| „ 3 | 7° 1′ „ | 15° 54′ „ | 590 | + 20.65 |
| „ 7 | 5° 48′ „ | 14° 20′ „ | 610 | + 11.86 |
| „ 43 | 2° 42′ s. Br. | 14° 43′ „ | 635 | + 0.88 |
| „ 48 | 3° 3′ „ | 15° 1′ „ | 611 | + 11.42 |

Abweichungen ist es auch, die es erklärlich macht, daß die zu besprechenden Erscheinungen nicht in der Schott'schen Karte zu Tage treten, die nach ihrer ganzen Herstellungsweise (Kombination der Karten über die Jahresisothermen und die Verteilung des Salzgehalts an der Oberfläche!) nur ein großzügiges Bild der Dichteverteilung geben kann.

1. Anhang 3, Tafel A zeigt 6 Fahrtlinien verschiedener Expeditionen (2 „Challenger", „Buccaneer", „National", „Peter Rickmers"[72]), „Gauß") in meridionaler Richtung durch das Gebiet der atlantischen Äquatorialströmungen und die von ihnen gemessenen spezifischen Gewichte $S\,\frac{t^0}{4^0}$ wiedergegeben in 6 Kurven. Diese Dichtekurven sind entgegen dem sonst üblichen Verfahren (vgl. „Peter und Robert Rickmers"[72]), „Valdivia", „Gauss") derart gezeichnet, daß geringe spezifische Gewichte als Erhebungen, hohe als Senkungen sich dem Auge darstellen, eine Methode, die Thoulet[73]) angewandt hat, um in einigen Profilen Wölbungen der Oberfläche im Bereiche des Florida- und des Labradorstromes zu zeigen (s. S. 6). Jene graphischen Darstellungen lassen durchweg für die äquatoriale Zone folgende Anordnung in der Dichteverteilung erkennen:

Von dem bekannten Dichteminimum im Bereiche des Guineastromes aus wachsen zunächst die spezifischen Gewichte nach den beiden Polen zu, wie das obige Gesetz angibt; dann aber weisen sämtliche 6 Messungsreihen etwa unter dem Äquator eine Depression auf, die dadurch entsteht, daß in 3—5° s. Br. die Dichte sich wieder verringert, bevor sie nach Süden zu abermals zunimmt, d. h.: nach den Oberflächenwerten zu urteilen scheint sich in etwa 5° s. Br. gewissermaßen ein „Wellenberg" quer über den Ozean zu ziehen.

2. In den mittleren Breiten des nordatlantischen Ozeans stellt Thoulet auf Grund von „Challenger"- und „Clorinde"-Messungen der Oberflächendichte unter den Punkten

| | | |
|---|---|---|
| 39° 23′ n. Br. | 36° 30′ n. Br. | 36° 23′ n. Br. |
| 53° 59′ w. L. [Gr.*)] | 63° 40′ w. L. | 71° 46′ w. L. |

relativ geringe spezifische Gewichte fest; nördlich und südlich von diesen Punkten nehmen im Bereiche des Floridastromes die Dichtewerte zu. Die gleiche Darstellungsweise habe ich für 3 weitere Profile in mehr östlich gelegenen Teilen des Nordatlantischen und für 4 Profile durch die mittleren Breiten des Südatlantischen Ozeans angewandt, und zwar unter Benutzung von meridional-verlaufenden Beobachtungsreihen des „Challenger", „National", „Peter Rickmers", der „Gazelle" und „Vitiaz"; s. Anh. 3, Tafel B. Diese Profile lassen sämtlich in den mittleren Breiten ein Gebiet relativ hoher Dichte und eine dieses Gebiet nicht nur nach dem Äquator (s. Tafel A), sondern auch nach den Polen hin begrenzende Zone relativ geringen spezifischen Gewichts erkennen.

Wenn nun die durchschnittlichen Dichtewerte der ganzen Wassersäulen von der Oberfläche bis zur Grenzfläche sich ähnlich verhalten, wie die der Oberfläche, dann werden die spezifischen Gewichte der letzteren tatsächlich ein Bild von deren Wölbungsverhältnissen wiedergeben. Oben ist erwähnt, daß die gefundenen Niveauzahlen die nach 1. und 2. in den Oberflächen-Dichtewerten ausgeprägten Depressionen ebenfalls erkennen lassen und zwar, obwohl die zu ihrer Berechnung benutzten Werte $\Sigma h$ festgestellt waren mit Hülfe der der Schott'schen Karte entnommenen spezifischen Gewichte. Demnach liegt die Schlußfolgerung nahe, daß überhaupt die Verteilung des spezifischen Gewichts auf der Meeresoberfläche das Dichteverhältnis der Gesamtwassersäulen bis zur Tiefe der Grenzfläche angenähert wiederspiegelt; jedenfalls aber ermöglichen uns die gemessenen Oberflächen-Dichtewerte, an der Hand der nach der Thoulet'schen Darstellungsweise gezeichneten Profile den ungefähren Verlauf gewisser ausgezeichneter Linien festzulegen, die für die Konstruktion der Umrisse jener 3 betrachteten Depressionen von um so größerer Bedeutung sind, als uns die Schott'sche Karte hierfür keine Anhaltspunkte bietet. Vor allem gilt dies für die Linie höchster Erhebung der die beiden Roßbreiten-Depressionen nach den Polen zu begrenzenden „Aufwölbungen" und für die ungefähre Ausdehnung der äquatorialen Senkung. Bei Konstruktion der Dichtigkeitsfläche habe ich demgemäß die „+ 15 Zentimeter-Linie" im Nordatlantischen und die „+ 5 Zentimeter-Linie" im Südatlantischen Ozean, welche den eben genannten Grenzlinien entsprechen, unter möglichster Anlehnung an die in den diesbezüglichen Profilen sich ausprägenden Punkte höchster Erhebung in die Karte eingezeichnet

[72]) XXIII, Heft 109, Tafeln. [73]) VII, S. 289.

*) Thoulet gibt L. westl. von Paris an.

und ebenso für den Verlauf der die äquatoriale Senkung umschließenden „$\pm$ 0 Zentimeter-Linie“ einen Anhalt gefunden in den Dichtekurven der Tafel A (Anh. 3). Auch die in den Thoulet'schen Profilen eine Einsenkung zwischen Florida- und Labradorstrom nach Norden hin begrenzende abermalige Erhebung habe ich auf meiner Karte angedeutet.

Übrigens lassen nahezu alle Profile erkennen, daß die Abweichungen der Oberflächen-Dichteanordnung von der in dem oben genannten Satze ausgesprochenen kaum derart sind, daß die Ungenauigkeiten, die begangen sind mit der Wahl der Oberflächenwerte nach der Schott'schen Karte, für das Gesamtresultat in's Gewicht fallen können, zumal die spezifischen Gewichte nur bis zur 4. Dezimale benutzt sind.

Größere Schwierigkeiten macht das Eintragen der Niveaulinien an der europäisch-nordafrikanischen Seite des Nordatlantischen Ozeans: hier liegen die Verhältnisse offenbar verwickelter wie in den mehr westlich gelegenen Teilen. Nach der Karte von Schott, wie nach einem Thoulet'schen Profil [74]) dürfen wir annehmen, daß in den mittleren Breiten des Nordatlantischen Ozeans die Meeresoberfläche auch von Westen nach Osten geneigt ist; die erhaltenen Niveauzahlen bestätigen dies. Beachtenswert ist nun, daß die gerade im Kanarienstrom recht zahlreich vorhandenen Oberflächendichte-Beobachtungsreihen keinen Anhalt dafür geben, daß die Roßbreitendepression sich in gleicher Form wie im westlichen Teil bis zur europäisch-afrikanischen Küste erstreckt; zum mindesten lassen sie nicht die Regelmäßigkeit in der Ab- und Zunahme der Dichte erkennen, wie die Profile im Anhang 3. Stellt man die in diesem Gebiet gemessenen Dichtewerte der „Challenger“-, „Vitiaz“-, „Robert Rickmers“- und „Valdivia“-Fahrt in gleicher Weise graphisch dar, so zeigen die diesbezüglichen Kurven auch wohl Erhebungen und Senkungen, ohne indes, wie jene Profile, hierin eine gewisse Gesetzmäßigkeit erkennen zu lassen, oder sie verlaufen, wie die der „Gauss“-Expedition, zwischen dem 20. und 50. Parallelkreis verhältnismäßig sehr gerade — von den kleinen durch die täglichen Temperaturschwankungen bedingten Abweichungen abgesehen. Leider ist in jenen Werten auch nicht die nach den Niveauzahlen bei den Kapverden ausgeprägte Depression zu erkennen, deren Vorhandensein im Hinblick auf das Oberflächenstrombild gerade sehr viel für sich hat; hierauf werde ich noch zurückkommen. Es läßt sich annehmen, daß das Fehlen bestimmter wiederkehrender Züge in dem Verlauf der Dichtekurven jener Expeditionen, die zu verschiedenen Jahreszeiten das erwähnte Gebiet passiert haben, zum Teil auch darauf zurückzuführen ist, daß das Oberflächenwasser des von Norden kommenden Kanarienstromes größeren jahreszeitlichen Schwankungen der Temperatur und Dichte $S\frac{t^0}{4^0}$ ausgesetzt ist; diese erschweren natürlich die Feststellung einer Gleichmäßigkeit der hier offenbar nur recht geringen Abweichungen von derjenigen Dichteanordnung, wie sie der oben genannte Satz von Schott wiedergibt.

Die Äquatorialströmungen werden unter 15° w. L. zweimal vom „Challenger“ und einmal vom „Buccaneer“ in meridionaler Richtung durchschnitten: auf allen 3 Fahrten sind Tiefsee-Dichtebestimmungen gemacht, die sich demzufolge auf einer verhältnismäßig kurzen Strecke recht häufen. Bei der Konstruktion der Niveaulinien habe ich mich nur an die Messungen der „Challenger“-Fahrt im April 1876 (Stationen Ch. 346—352) gehalten. Die andern Stationen fallen z. T. mit diesen zusammen (vgl. Tafel S. 258), ohne indes genau entsprechende Werte d h zu zeigen (vgl. S. 245). Die nächsten Niveaulinien nördlich vom Äquator sind analog den Berechnungen für die dort gelegenen Stationen doppelt bezeichnet; mit der „+ 5 Zentimeter-Linie“ unmittelbar nördlich von der äquatorialen Depression setzt die Bezeichnung unter Zugrundelegung der Südatlantischen Grenzfläche ein.

Der Wert d h der Station „Gauss 12“, die in der Südatlantischen Roßbreiten-Depression liegt, fügt sich schlecht zu den übrigen und ist deshalb nicht in die Karte eingetragen. Die im Gebiet des Südatlantischen Salzgehalts-Maximum von der „Gauss“ beobachteten Werte sind, selbst wenn man jede Messung um 0.1 vergrößert [75]), im Vergleich zu früher gefundenen überhaupt auffällig klein: als Maximalwert des Salzgehalts ergiebt hier die Gausskurve höchstens 36.8—36.9‰, während an gleichem Orte nach Karten von Krümmel [76]) und Schott [77]) Werte bis etwa 37.3‰ zu erwarten sind. Sehr gut fügt sich dagegen die weiter südlich gelegene Station G. 29 den übrigen ein.

Leider finden sich auf unser Karte zwei große Lücken, in denen der Verlauf der Niveaulinien auch nicht mit Hülfe von Oberflächen-Dichtemessungen festzustellen ist, nämlich an der östlichen Seite des Süd-

[74]) VII, S. 331, Fig. 5. [75]) XXXII, S. 391. [76]) XIX, S. 111. [77]) X, Atlas und XXIII, H. 109, Tafel 2.

atlantischen Ozeans und im westlichen Gebiet des nördlichen Äquatorialstromes. In beiden Meeresteilen habe ich die Niveaulinien nur angedeutet.

Im übrigen ist es ja selbstverständlich, daß künftige auf reichlicherem Material basierende Untersuchungen das Bild der Atlantischen Dichtigkeitsfläche noch erheblich ändern werden; gleichwohl scheint mir die Oberflächenzirkulation doch manchen charakteristischen Zug, der in unserer Darstellung hervortritt, zu bestätigen. Vor allem sind auf der Karte inmitten der beiden großen Stromringe Depressionen ausgeprägt, welche diejenigen verstärken müssen, die[78]) „nach den hydrodynamischen Gesetzen für stationäre Bewegungen in einer freien Flüssigkeitsoberfläche" dort zu erwarten sind; die kreisförmigen in sich zurückkehrenden Bewegungen können ja nicht bestehen ohne „ein[78]) wenn auch noch so geringes Gefälle" nach der Mitte zu. Unbedeutend ist in der Tat das Gefälle, wenigstens soweit es allein durch die Dichteverhältnisse bedingt ist: z. B. beträgt die Höhendifferenz zwischen den Stationen Ch. 53 unter 36° 30′ n. Br., 63° 40′ w. L. und Ch. 354 unter 32° 41′ n. Br., 36° 6′ w. L. 29 cm., woraus sich bei einer Entfernung beider Punkte von 2544000 m ein Gefälle von 1 : 8772000 ergibt, das auf die Strömung überhaupt keinen Einfluß haben kann. Noch geringer ist dieses im Südatlantischen Ozean vom Stromring aus nach den Stromstillen hin, wie die Höhenunterschiede der Karte zeigen.

Nach den Untersuchungen Wegemann's[79]) senkt sich die Oberfläche des Nordatlantischen Ozeans nach den höheren Breiten (vgl. auch die diesbezüglichen Andeutungen verschiedener Autoren S. 243 f.), in den mittleren Breiten ist aber nach unserer Darstellung zugleich eine Neigung von Westen nach Osten vorhanden; dieses doppelte Gefälle scheint der Verlauf der Golfstromtrift zu bestätigen.

Etwas sehr bestechendes hat die bei den Kapverden ausgeprägte Senkung: für deren Vorhandensein spricht auch der Verlauf des Kanarienstroms, vor allem dessen Umbiegung nach Westen in den nördlichen Äquatorialstrom hinein, wenn wir beachten, daß die Stromrichtung einen rechten Winkel mit der Richtung des Gradienten bildet und derart verläuft, daß auf der nördlichen Hemisphäre sich die Oberfläche des Wassers nach rechts, auf der südlichen nach links erhebt. Diese Depression würde auch die Annahme eines von dem Guineastrom an der Sierra-Leone-Küste nach Norden hin sich abzweigenden Astes bestätigen[80]).

Das dichte Zusammenrücken der Niveaulinien im Bereiche des Floridastromes südlich von Neu-Schottland hat, — zumal wenn wir uns diese Linien noch weiter nach Südwesten an der amerikanischen Küste entlang fortgesetzt denken —, ebenfalls viel für sich im Hinblick auf die hier verhältnismäßig noch recht beträchtliche Geschwindigkeit des Golfstroms, die in dem auffallend großen Gradienten zum Ausdruck kommt. Die Niveaudifferenz zwischen den Stationen Ch. 51 und 52 beträgt 43 cm, auf einer Entfernung von etwa 176000 m, was einem Gefälle von 1 : 409300 oder einer Stromgeschwindigkeit von 11.9 Seemeilen*) in 24 Stunden entspricht. Freilich ist zu beachten, daß die in der Karte wiedergegebene Auffassung des Verlaufes der Niveaulinien sich nur auf die eine Station Ch. 51 stützt[81]), doch spricht immerhin für die Wahrscheinlichkeit, daß wir hier ein relativ starkes Gefälle anzunehmen haben, der Umstand, daß auch die von Thoulet nach den Oberflächendichten gezeichneten Profile[82]) zwischen Florida- und Labradorstrom eine starke Depression aufweisen.

Zwischen den äquatorialen Strömungen hat bereits Mohn, wohl vor allem auf Grund der Luftdruckverteilung**), eine Depression erwartet[83]); aus dem Oberflächenstrombild schließt er nämlich folgendermaßen: „Der nördliche Äquatorialstrom hat ein Gefälle nach Süden und geht westwärts; der südliche hat, auf der südlichen Halbkugel, ein Gefälle nach Norden und geht ebenfalls westwärts. Zwischen beiden liegt eine Depression der Stromfläche. Nach Analogie der Verhältnisse im Luftmeere müssen wir die Lage dieser Depression einige Grade nördlich vom Äquator suchen längs dem Kalmengürtel. Dann aber hat die Stromfläche zwischen dem Äquator und der Depression ein Gefälle nach Norden auf der nördlichen Halbkugel, — der Strom muß ostwärts gehen, und das tut auch tatsächlich der Guineastrom".

---

[78]) XVII, S. 31. [79]) III, S. 17. [80]) V, S. 405. [81]) vgl. auch XXV, S. 28. [82]) VII, S. 331, Fig. 2—4. [83]) XX, H. 79, S. 20.

*) Nach der Mohn'schen Formel: $u = [3{,}49652] \cdot \frac{d\,h^m}{d\,a^{km}} \cdot \frac{1 - \beta \cos 2\varphi}{\sin \varphi}$ Seemeilen, wo [ ] ein Logarithmus und **d a** die Entfernung der beiden Punkte von einander ist. **) s. Teil B.

Ich bin der Ansicht, daß sowohl die Stationsreihen des Challenger (s. spec. Ch. 346!) wie die des Buccaneer (Bu. 43!) und endlich die Anh. 3, Tafel A wiedergegebenen Oberflächen-Dichtekurven dafür sprechen, daß jene Depression*) unter dem Äquator liegt.

Im Südatlantischen Ozean fällt vor allem die Neigung der Oberfläche von der die Roßbreiten-Depression im Süden begrenzenden „Aufwölbung" aus nach dem antarktischen Meere hin ins Auge; beachten wir, daß hier die Stromablenkung nach links erfolgt, so erkennen wir in dem Verlauf der südlichen Niveaulinien die „Westwindtrift".

Wie die Neigungsverhältnisse im Benguelabecken sind, darüber kann aus obengenannten Gründen unsere Karte keinen Aufschluß geben.

Im vorhergehenden habe ich versucht, zu beweisen, daß die in unserer Karte wiedergegebene Auffassung von der Form der Dichtigkeitsfläche des Atlantischen Ozeans in manchen charakteristischen Merkmalen der Oberflächen-Dichteverteilung wie der Oberflächen-Zirkulation ihre Bestätigung findet. Daraus darf aber nicht umgekehrt der Schluß gezogen werden, daß die durch Dichteverhältnisse bedingten Niveauunterschiede etwa größeren Einfluß auf die Oberflächen-Strömungen ausüben. Wie überaus gering das nur durch Dichtedifferenzen bedingte Gefälle tatsächlich ist, mögen einige Zahlenangaben zeigen:

| | Strecke | Abstand in km | Niveaudifferenz in cm | Gefälle |
|---|---|---|---|---|
| 1. Gefälle von der Golfstromtrift zum Kanarienstrom (bei den Azoren) | 38° 11′ n. Br. 37° 0 w. L. bis 38° 11′ n. Br. 27° 9′ w. L. Ch. 76 | 860 | 47 | 1 : 1830000 |
| 2. Gefälle des Kanarienstromes dort, wo er nach S. W. in den nördlichen Äquatorialstrom einbiegt (bei den Kapverden) | Ch. 91 bis Ch. 92 | 130 | 16 | 1 : 812500 |
| 3. Gefälle vom Guineastrom zur Kapverden-Depression | Vit. 17 bis Ch. 92 | 1769 | 48 | 1 : 3685000 |
| 4. Gefälle vom Guieneastrom zur äquatorialen Deppression | Vit. 17 bis 2° 42′ s. Br. 25° 12′ w. L. | 518 | 21 | 1 : 2467000 |
| 5. Gefälle von der südlichen Äquatorialströmung zur äquatorialen Depression | Ch. 345 bis Ch. 346 | 338 | 10 | 1 : 3380000 |
| 6. Gefälle von der Südgrenze der südatlantischen Roßbreiten-Depression zur Westwindtrift | Ch. 334 bis 38° 45′ s. Br. 18° 31′ w. L. | 333 | 12 | 1 : 2775000 |

Bedenkt man, daß nach den Versuchen Dubuat's[84]) (Hydraulique Vol. I p. 64; 1816) über das „zur Hervorbringung einer nachweisbaren Stromgeschwindigkeit nötige Minimalgefälle" schon bei einer Neigung von 1 : 500000 eine strömende Bewegung kaum mehr wahrnehmbar ist, so leuchtet ein, daß nach obigen Zahlen der Einfluß der durch Dichteunterschiede bedingten Niveaudifferenzen auf das Gesamt-Stromsystem der ozeanischen Oberfläche nahezu völlig bedeutungslos sein muß, womit aufs neue ein von Zöppritz, Krümmel, Schott u. a. wiederholt betonter Satz bestätigt wird. Es entsprechen die oben gefundenen Zahlenwerte etwa dem Gefälle, das die Wegemann'sche Karte über die Dichtigkeitsfläche der Irmingersee zwischen Island und dem 60° n. Br. erkennen läßt: hier finden wir eine Neigung von Süden nach Norden im Betrage von 1 : 3520000.

*) Vgl. Teil B. S. 272 oben.

84) V, S. 286.

Diesen unbedeutenden Gefällezahlen mögen zum Vergleich einige Neigungswerte gegenübergestellt werden aus Meeresteilen, wo wirklich ausgeprägte Dichteströme vorhanden sind:

| | | | Gefälle der Dichtigkeitsfläche im Durchschnitt |
|---|---|---|---|
| 1. östl. von Island | unter 65° n. Br. | 12—13° w. L. | 1 : 381 000 |
| 2. westl. vom Nord-Fjord | „ 62° „ | 3° ö. L. | 1 : 360 000 |
| 3. südl. von Kap Farewell | „ 59° „ | 45° w. L. | 1 : 548 000 |
| 4. westl. von Süd-Grönland | „ 65° „ | 55° w. L. | 1 : 363 000 |

Bestätigen künftige Forschungen über die Dichteverhältnisse im Ozean den oben ausgesprochenen Satz, daß die Form der ozeanischen Dichtigkeitsfläche angenähert das Oberflächenstromsystem wiedergibt, so folgt, daß die Tiefsee-Dichtemessungen unter Umständen wertvoll sind zur Bestimmung zweifelhafter Oberflächenströme. Es leuchtet ein, daß wir im allgemeinen schon in geringer Tiefe es mit weniger variablen Zahlenwerten für Temperaturen, Salzgehalt und Dichte zu tun haben, als die Messungen von Richtungen und Stärke der Winde und Stromversetzungen liefern werden. Die einmalige Bestimmung einer vertikalen Dichtereihe stellt daher einen Gesamtzahlenwert dar, der — weil eben weniger variabel — zum mindesten eine für die Festlegung des Oberflächenstrombildes wertvolle Ergänzung jener anderen Messungen bildet, die für große Gebiete recht wechselvollen Charakter tragen. Z. B. dürfen wir wohl in der Form unserer atlantischen Dichtigkeitsfläche bei den Kapverden — möge die dortige Depression nun in Zusammenhang stehen mit der großen ostatlantischen Senkung westlich von Spanien und Marokko, oder nicht — eine Bestätigung der Krümmel'schen Auffassung von dem Strombild in jenem Meeresteil[85]) erblicken. Das Gefälle vom Guineastrom nach der Kapverden-Depression spricht in Verbindung mit der durch die Erdrotation bedingten Rechtsablenkung für die Wahrscheinlichkeit, daß etwa bei Freetown ein Ast jenes Stromes nach Norden hin abzweigt, hier also keine Südströmung vom Kanarienstrom her angenommen werden darf.

Wir haben gesehen daß die durch Dichteverhältnisse bedingte Neigung der Oberfläche als Ursache für die großen Oberflächenströme kaum in Betracht kommen kann. Es liegt nun die Frage nahe, ob für die Vertikal- und Tiefenströme die Verteilung des spezifischen Gewichts eine Rolle spielt. Ich habe schon in der Einleitung auf die Ähnlichkeit zwischen dem Schott'schen Stromschema und dem Mohn'schen Dichteströmungsbild hingewiesen. Es sei mir jetzt gestattet, hierauf nochmals zurückzukommen, und zwar will ich nunmehr ausgehen von der Oberflächenform des Nordatlantischen Ozeans:

Nach den bisherigen Erörterungen wird ein in etwa 35° w. L. durch den Nordatlantischen Ozean gelegter meridionaler Querschnitt eine Oberflächenlinie zeigen, die ungefähr derjenigen des parabolischen Querschnitts auf S. 242 entspricht. Vom Äquator ab senkt sich nach den mittleren und höheren Breiten hin die Oberfläche, um sich von etwa 60—70° n. Br. ab wieder zu erheben (dies letztere dürfen wir aus der Dichteanordnung schließen, die im arktischen Meer nach einem von Sandström und Helland-Hansen entworfenen Isosteren-Querschnitt[86]) vorhanden ist). Unter einer derartig geformten Oberfläche muß sich nach Mohn ein Dichteströmungssystem entwickeln, wie es im parabolischen Querschnitt S. 242 angedeutet ist. Tatsächlich haben wir nun im Nordatlantischen Ozean, wenn wir uns an das Schott'sche aus der Wärmeverteilung abgeleitete Zirkulationsschema mit den S. 243 erörterten Ergänzungen halten, ein Stromsystem annehmen, das jenem völlig gleicht, — folglich erscheint der Schluß berechtigt, eine zum mindesten sehr wesentliche Ursache dieser Gesamtzirkulation in den Dichteunterschieden zu erblicken, vor allem also die Vertikal- und Tiefenversetzungen auf sie zurückzuführen.

Mohn unterzieht in seiner Abhandlung auch die Wasserversetzungen in der Tiefsee einer ausführlichen Untersuchung: in den Tiefen 2—3000 m im Europäischen Nordmeer berechnet er Geschwindigkeiten von 19 bis 26 $\frac{cm}{sec}$ (9 bis 12 Seemeilen im Etmal)[87]), also ganz erstaunlich hohe Werte; doch ist zu beachten, daß hier die Reibung nicht berücksichtigt ist, so daß seine Zahlen wohl nur in erster Annäherung zutreffen. Ich werde nun im folgenden einige Gradienten, wie sie sich in der Tiefe des Europäischen Nordmeeres finden, zusammenstellen und dann zum Vergleich den Gradienten in 2000 m Tiefe zwischen dem Arktischen Meer und der Atlantischen Äquatorialsee anführen.

[85]) V, S. 405. [86]) XVI, S. 8 und 42. [87]) V, S. 457.

$G = \frac{\Delta p \text{ Atmosph.}}{\Delta x \text{ Kilometer}}$, wo $\Delta p$ die Druckdifferenz in der betrachteten Tiefe, $\Delta x$ den Abstand zwischen den betrachteten Stationen bezeichnet.

**Europäisches Nordmeer.** (s. Drucktabellen I, S. 173 ff.)

| Mohn'sche Stationen | Lage | | $\Delta x$ | Druck in Atmosphären in den Tiefen: 914 m [500 fd] | 1829 m [1000 fd] | 2743 m [1500 fd] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 52 | 65° 47′ n. Br. | 3° 7′ w. L. | 285 km | 91.168 | 182.746 | 274.726 |
| 245 | 68° 21′ „ | 2° 5′ „ | | 91.159 | 182.717 | 274.678 |
| | | | Druckdifferenz $\Delta p$ | 0.009 | 0.029 | 0.048 |
| | | | Gradient $\frac{\Delta p}{\Delta x}$ | 0.000 03 | 0.000 10 | 0.000 17 |

Diesen Gradienten entsprechen nach Mohns Berechnungen, in denen von der „Reibung" abgesehen wird, Geschwindigkeiten bis zu 9—12 Seemeilen in 24 Stunden.

Nach einer Tabelle der mittleren Werte $S\frac{t^0}{4^0}$, die Mohn für die einzelnen Tiefen des Europäischen Nordmeeres aus sämtlichen Beobachtungen zusammengestellt hat, habe ich nun den Wert $\Sigma 2000$ m auf 1.027 79 berechnet, und den dieser Durchschnittsdichte entsprechenden Druck nach folgender Formel gefunden:

$$p = \frac{a \cdot \Sigma\,(1-\beta \cos 2\varphi)\,(1+\frac{1}{2} b\,h) \cdot h}{1-\frac{1}{2}\eta \cdot p}$$

$$\text{bezw. } p = \frac{1}{\eta}\sqrt{1-2\,w\,\eta}\,, \text{ wo } w = a \cdot h \cdot (1+\tfrac{1}{2} b\,h) \cdot \Sigma(1-\beta \cos 2\varphi).$$

Bezüglich der Ableitung dieser Formel und der Bedeutung der Symbole verweise ich auf die Mohn'sche und die auch schon erwähnte Engelhardt'sche Abhandlung. Die vorkommenden Konstanten haben folgende Werte:

$a = 0.096\,780$; $b = 0.000\,000\,227\,9$; $\eta = 0.000\,045$; $\beta = 0.002\,59$; ferner ist $\Sigma = \Sigma_{2000\,m} = 1.027\,79$, $h = 2000$ und für $\varphi$ habe ich die mittlere Breite des Europäischen Nordmeers, 70°, gesetzt; diese Zahlen ergeben dann in der Tiefe 2000 m einen Druck von 200.289 Atmosphären. Nach derselben Formel erhält man unter Einsetzung der für die Zone geringster spezif. Gewichte in der Atlantischen Äquatorialsee geltenden Werte $\Sigma_{2000} = 1.027\,13$ (s. Anh. 2, Ch. 350) und $\varphi = 7^0$ den Druck von 199.244 Atmosphären. Somit würden wir zwischen 7° und 70° n. Br.*) eine Druckdifferenz von $\Delta p = 1.045$ Atmosphären erhalten, die indes noch einer Korrektur für die Oberflächen-Niveaudifferenz bedarf.[88]) Nach der erwähnten Tabelle der mittleren Werte $S\frac{t^0}{4^0}$ des Europäischen Nordmeeres ist $\Sigma_{650} = 1.027\,43$; diesen Wert nebst der Breite $\varphi = 70^0$ eingesetzt in die Formel (S. 257) zur Berechnung der vertikalen Koordinaten der Dichtigkeitsfläche ergibt $dh = -0.423$ m. In 7° n. Br. haben wir (Station Ch. 350) $dh = +0.267$ m. Danach berechnet sich die Niveaudifferenz zwischen 7° und 70° n. Br. auf 0.69 m, was einem Druck von etwa 0.069 Atmosphären entspricht. Diese Zahl von obiger Druckdifferenz abgezogen ergibt $\Delta p = 0.976$ Atmosphären für einen Abstand von $\Delta x = (70-7)^0 = 63^0 = 6993$ km, sofern wir die genannten Dichtewerte als für die Zonen längs dem 7. und 70. Parallelkreis gültig annehmen. Demnach erhalten wir in 2000 m Tiefe als lediglich aus den Dichteverhältnissen resultierenden Gradienten zwischen der Äquatorialsee und dem Arktischen Meere $G = \frac{0.976}{6993} = 0.000\,14$. Vergleichen wir nur diesen Gradienten mit den oben für verschiedene Tiefenhorizonte des Europäischen Nordmeeres berechneten, so fällt sofort auf, daß wir auch in der Tiefsee des Ozeans eine überraschend große Geschwindigkeit haben müssen. In der Tat würde sich nach der Mohn'schen Formel:

$$u = [2 \cdot 841\,83] \cdot \frac{\Delta p \text{ Atm.}}{\Delta x \text{ km}} \cdot \frac{(1-\beta \cos 2\varphi + b\,h)}{S \cdot \sin\varphi},$$

*) vgl. S. 266.

88) I, S. 172 f.

wo [ ] ein Logarithmus ist und das für den Tiefendruck korrigierte spez. Gewicht $S = 1.032$ und $\varphi = 45^0$ gesetzt sein möge, die Geschwindigkeit auf 13 $\frac{cm}{sec.}$ berechnen!

Ein etwas kleinerer, wenn auch noch immer auffallend hoher Wert würde sich aus dem von W. Bjerknes begründeten und von Sandström-H. Hansen vervollkommneten Verfahren zur „Berechnung von Meeresströmungen“ ableiten lassen. Die hydrodynamischen Größen[89]), wie sie sich für das Europäische Nordmeer nach den erwähnten Dichtewerten und für die Äquatorialsee nach den spez. Gewichten der Station Ch. 350 (s. Anh. 1) ergeben, werde ich hier nebeneinander stellen, um danach die Anzahl der Solenoïde, die für die tangentiale Beschleunigung im Umfang der zwischen den beiden gegebenen Stationen von 0 bis 2000 und 0 bis 3000 m Tiefe gegebenen Schnittfläche maßgebend sind, zu berechnen; im übrigen verweise ich auf die betr. Abhandlung der beiden Autoren und auf die von Krümmel in Pet.'s Geogr. Mitt. 1904, Heft 11 gegebene Erläuterung.

**Mittlere dynamische Größen des Europäischen Nordmeeres.**

| Tiefe in m | $S\ \frac{t^0}{4^0}$ | $V = 1 : S\ \frac{t^0}{4^0}$ | $10^5 (V - V_0)$ *) | Für den Tiefendruck korrigiert $(V - V_0)$ **) | Mittel der $V - V_0$ in jeder Schicht | Partialdruck der Schichten in Atmosphären in cg | Druck von der Oberfläche ab in Atmosphären |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.02 69 | 0.97 380 | 116 | 116 | | | 0 |
| | | | | | 106.5 | 10650 | |
| 100 | „ 71 | „ 361 | 97 | 97 | | | 10650 |
| | | | | | 87.5 | 8750 | |
| 200 | „ 73 | „ 342 | 78 | 78 | | | 19400 |
| | | | | | 68.5 | 6850 | |
| 300 | „ 75 | „ 323 | 59 | 59 | | | 26250 |
| | | | | | 54.5 | 5450 | |
| 400 | „ 76 | „ 314 | 50 | 50 | | | 31700 |
| | | | | | 45 | 4500 | |
| 500 | „ 77 | „ 304 | 40 | 40 | | | 36200 |
| | | | | | 35 | 3500 | |
| 600 | „ 78 | „ 295 | 31 | 30 | | | 39700 |
| | | | | | 25 | 2500 | |
| 700 | „ 79 | „ 285 | 21 | 20 | | | 42200 |
| | | | | | 15.5 | 1550 | |
| 800 | „ 80 | „ 276 | 12 | 11 | | | 43750 |
| | | | | | 11 | 1100 | |
| 900 | „ 80 | „ 276 | 12 | 11 | | | 44850 |
| | | | | | 5.5 | 550 | |
| 1000 | „ 81 | „ 266 | 2 | 0 | | | 45400 |
| | | | | | 4 | 2000 | |
| 1500 | „ 80 | „ 276 | 12 | 8 | | | 47400 |
| | | | | | 10.5 | 5250 | |
| 2000 | „ 79 | „ 285 | 21 | 13 | | | 52650 |
| | | | | | 12 | 6000 | |
| 2500 | „ 79 | „ 285 | 21 | 11 | | | 58650 |
| | | | | | 14.5 | 7250 | |
| 3000 | „ 78 | „ 295 | 31 | 18 | | | 65900 |

**Dynamische Größen der Station Ch. 350.**

| Tiefe in m | $S\ \frac{t^0}{4^0}$ | $V = 1 : S\ \frac{t^0}{4^0}$ | $10^5 (V - V_0)$ | Für den Tiefendruck korrigiert $(V - V_0)$ ***) | Mittel der $V - V_0$ in jeder Schicht | Partialdruck der Schichten in Atmosphären in cg | Druck von der Oberfläche ab in Atmosphären |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.02 21 | 0.97 837 | 573 | 573 | | | 0 |
| | | | | | 384 | 38400 | |
| 100 | „ 61 | „ 456 | 192 | 195 | | | 38400 |
| | | | | | 177.5 | 17750 | |
| 200 | „ 65 | „ 418 | 154 | 160 | | | 56150 |
| | | | | | 142.5 | 14250 | |
| 300 | „ 69 | „ 380 | 116 | 125 | | | 70400 |
| | | | | | 116 | 11600 | |
| 400 | „ 71 | „ 361 | 97 | 107 | | | 82000 |
| | | | | | 102.5 | 10250 | |
| 500 | „ 72 | „ 352 | 88 | 98 | | | 92250 |
| | | | | | 93 | 9300 | |
| 600 | „ 73 | „ 342 | 78 | 88 | | | 101550 |
| | | | | | 83.5 | 8350 | |
| 700 | „ 74 | „ 333 | 69 | 79 | | | 109900 |
| | | | | | 75 | 7500 | |
| 800 | „ 75 | „ 323 | 59 | 71 | | | 117400 |
| | | | | | 70.5 | 7050 | |
| 900 | „ 75 | „ 323 | 59 | 70 | | | 124450 |
| | | | | | 70.5 | 7050 | |
| 1000 | „ 75 | „ 323 | 59 | 71 | | | 131500 |
| | | | | | 63.5 | 31750 | |
| 1500 | „ 77 | „ 304 | 40 | 56 | | | 163250 |
| | | | | | 53 | 26500 | |
| 2000 | „ 78 | „ 295 | 31 | 50 | | | 189750 |
| | | | | | 45.4 | 22750 | |
| 2500 | „ 79 | „ 285 | 21 | 41 | | | 212500 |
| | | | | | 37.5 | 18750 | |
| 3000 | „ 80 | „ 276 | 12 | 34 | | | 231250 |

[89]) XVI; XXVII, S. 4.

*) $V_0 = 0.97\,264$ ist das spez. Volumen für Seewasser von 35‰ Salzgehalt und 0° C. Temperatur! **) korrigiert nach der Tabelle 4 von Sandström-H. Hansen (XVI, S. 26); vgl. auch die Temperaturen des Querschnitts S. 33 (XVI) und die Tiefseetemperatur-Karten von Mohn; die Temperaturen weichen nicht viel von 0 ab. ***) nach den Temperaturen der diesbez. Kurve der Station Ch. 350; s. VIII, Teil 3.

Die Anzahl A der Solenoïde ist gleich der Differenz der Druckanomalien (letzte Rubrik!) beider Stationen; sie berechnet sich für 2000 m auf $189750 - 52650 = 137100$, und für 3000 m auf $231250 - 65900 = 165350$. Der Umfang s des Vierecks zwischen den Lotlinien beider Stationen ist

für 2000 m Tiefe gleich $2\,(6993 + 2) = 13990$ km $= 1\,399\,000\,000$ cm,
„ 3000 „ „ „ $2\,(6993 + 3) = 13992$ „ $= 1\,399\,200\,000$ „

Die gesuchte Beschleunigung ist dann $u = \frac{A}{s}$ und in 24 Stunden $86400 \cdot \frac{A}{s}$, also

für 2000 m ist $u = 8.5 \frac{cm}{sec.}$
„ 3000 „ „ $u = 10.2$ „

Das sind aber so überraschend hohe Zahlenwerte für die Tiefsee-Wasserbewegungen, zumal im Vergleich zu den von Schott[90]) aus der Menge der versetzten Wassermassen geschlossenen Geschwindigkeit von 0.07 $\frac{cm}{sec.}$ oder dem von Forch[91]) auf Grund der Temperaturverhältnisse berechneten Wert von 0.01 $\frac{cm}{sec.}$, daß sich ein Zweifel an der Gültigkeit der oben gefundenen Zahlen kaum unterdrücken läßt. Ganz abgesehen davon, daß jene nach der Mohn'schen bezw. der Sandström-H. Hansen'schen Methode erhaltenen Werte noch der Korrektionen bedürfen in Bezug auf Wirkung der Reibung bezw. der Reibung und Erdrotation, läßt sich auch die Frage aufwerfen, ob wir überhaupt berechtigt sind, aus den Dichtewerten zweier räumlich so getrennten Gebiete, die noch dazu durch eine unterseeische Schwelle von einander getrennt sind, auf die Geschwindigkeit der Tiefseewasserversetzungen zu schließen. Immerhin glaube ich wohl aus unsern Zahlenwerten den Schluß ziehen zu dürfen, daß der Dichteausgleich für die Bewegungen der Tiefsee auch der großen Ozeane eine sehr bedeutende Rolle spielt, zumal sich doch auch entsprechende Druckdifferenzen zwischen den mittleren Breiten (Ch. 354, 353) und der Äquatorialsee ergeben. Schott erwähnt zwar auch[92]), daß in den hohen Breiten das Oberflächenwasser in die Tiefe sinken muß, weil es „durch die unausbleibliche Abkühlung schwerer und, zumal in dem Gebiet der Roßbreiten und des Passates durch Verdunstung salzreicher, also wiederum schwerer wird", — weist also damit auf den Dichteausgleich als Ursache der absteigenden Bewegung hin; andrerseits betont er indes mehrfach nachdrücklichst unter Hervorhebung des aus den Oberflächenströmen erfolgenden Anstau's des Wassers in den höheren Breiten und der Verminderung am Äquator, daß[93]) „die Wasserversetzungen, seien sie vertikal oder horizontal gerichtet, Oberflächen- oder Tiefenbewegungen, immer nur Teile eines einzigen großen Systems sind, das in jedem Augenblick von einer außerhalb des Meeres gelegenen Energiequelle, den Luftströmungen, angetrieben wird"! An anderer Stelle sagt er ebenfalls[94]), daß der Antrieb zur ganzen Systembewegung von der Oberfläche kommt"! In diesem Fall müßten wir eine stetige Abnahme der Geschwindigkeit mit der Tiefe annehmen: demgegenüber erinnere ich an die von Mohn berechnete Zunahme der Tiefsee-Geschwindigkeiten im Europäischen Nordmeer (vgl. die Gradienten S. 264), die im Einklang steht mit dem S. 252 u. 254 gesagten bezw. mit dem Bild, das die dort angeführte $\Sigma h$-Differenzentabelle wiedergibt; diese Übereinstimmung läßt auch die für den Atlantischen Ozean berechneten $\Sigma h$-Differenzenreihen und die daran geknüpften Auseinandersetzungen an Bedeutung gewinnen; jedenfalls aber sprechen die dort erwähnten Eigenarten der Dichteverteilung im Verein mit den oben gefundenen Geschwindigkeitswerten dafür, daß wir auch für das ganze ozeanische Stromsystem die Wirkung der Dichteunterschiede durchaus nicht zu unterschätzen haben.

Leider lassen sich nach dem vorhandenen Material für den Atlantischen Ozean noch nicht Tiefendruck- und Tiefenstromkarten entwerfen; wir können uns daher nur auf Andeutungen beschränken und fasssen die obigen Erörterungen nochmals kurz zusammen: das von Schott auf Grund der Wärmeverteilung konstruierte Vertikal-Stromsystem findet in der Dichteanordnung seine Bestätigung und zum Teil seine Ursache; jedenfalls läßt es sich qualitativ auch aus den Dichteverhältnissen ableiten und zwar sowohl auf Grund der durch die Verteilung des spezifischen Gewichts bedingten Wölbungsverhältnisse der Oberfläche unter Anlehnung an die Mohn'sche Theorie, wie es in dieser Arbeit geschehen, als auch nach dem Verlauf der Isosteren, wie das von Sandström-H. Hansen entworfene Schema zeigt. Die beiden letztgenannten

[90]) X, S. 166. [91]) XXXIII, S. 172; hierzu vgl. XIX, S. 154. [92]) X, S. 163. [93]) X, S. 167. [94]) X, S. 165.

Autoren leiten ebenfalls die Oberflächenströme qualitativ aus den Dichteverhältnissen ab; das gleiche ist oben z. T. auf Grund einzelner Merkmale unserer Dichtigkeitsfläche geschehen; es sei hier nur in aller Kürze nochmals auf den Zusammenhang zwischen dieser und dem großen nordatlantischen Oberflächenstromring hingewiesen: was oben gesagt wurde über die „Oberflächenlinie" eines Querschnitts auf dem 35° w. L. ist noch dahin zu ergänzen, daß deren — im Sinne nach oben — konkave Form unterbrochen wird durch eine verhältnismäßig geringfügige Aufwölbung in den mittleren Breiten (s. Karte). Erinnern wir uns ferner daran, daß in diesen Breiten zugleich eine Neigung der Oberfläche von Westen nach Osten besteht, und beachten wir endlich die äquatoriale und die Labradorstrom-Depression, so läßt sich im großen und ganzen in der Dichtigkeitsfläche wohl der Verlauf jenes Oberflächen-Stromkreislaufes erkennen. Doch dies sei nur nochmals erwähnt im Anschluß an die gleichen Feststellungen von Sandström und H. Hansen, die sich ebenfalls auf Grund der Dichteverhältnisse, wenn auch auf anderem Wege ergeben haben.

Die Diskussion über das aus der Oberflächenform zu folgernde Vertikalstromsystem können wir leider nicht auf den Südatlantischen Ozean ausdehnen, da aus den höheren südlichen Breiten zu wenig Dichtemessungen vorliegen, so daß es kaum möglich ist, sich ein Bild von den Neigungsverhältnissen südlich vom 50° s. Br. zu machen, wenigstens nicht im Bereiche des atlantisch-antarktischen Meeres.

Es erübrigt jetzt noch, festzustellen, ob jenes Gesamtstromsystem, das Schott für den nord- und südatlantischen Ozean in ähnlicher Form aus der Wärmeverteilung ableitet, das die genannten skandinavischen Autoren für den nordatlantischen Ozean auf Grund des ideellen Verlaufes der Isosteren konstruieren, und auf dessen Vorhandensein ebenfalls im nordatlantischen Ozean die Form der Meeresoberfläche schließen läßt, — ob und wieweit dieses Gesamtstromsystem in der vertikalen Dichteanordnung seine Bestätigung findet. Dies ist vor allem aus dem Grunde von Wichtigkeit, da von Meinardus[95]) die Vertikal-Zirkulation zwischen dem Äquator und den mittleren Breiten als nicht erwiesen angesehen wird, und ferner der Isosteren-Querschnitt (XVI, S. 8), auf Grund dessen Sandström und H. Hansen ihr Strombild konstruieren, doch wohl nur den mutmaßlichen Verlauf der Linien gleichen spezifischen Volumens und zwar nur für den nordatlantischen Ozean wiedergibt.

Bei dieser Erörterung müssen wir uns auf das beschränken, was in jener Hinsicht der mehrfach erwähnte Querschnitt (Anh. 3) über die vertikale Verteilung des absoluten spezifischen Gewichts $S\frac{t^0}{4^0}$ erkennen läßt.

Die auffälligste Erscheinung, die in unserem Querschnitt hervortritt, ist das in der Äquatorialsee deutlich ausgeprägte Emporquellen relativ schweren Tiefenwassers zu den oberen Schichten hin. Wir haben dieses Phänomen bereits oben bei Feststellung der Tiefenlage der Grenzfläche besprochen; hier heben wir es hervor als natürliches Analogon zu dem Verlauf der Isothermobathen, aus dem Schott den äquatorialen Auftrieb ableitet. Wie dieser auf die Wärmeverteilung dahin wirkt, daß die oberen Schichten der Äquatorialsee ungemein große Temperatursprünge aufweisen, so führt er auch das auffällig dichte bei einander lagern relativ leichter und schwerer Wassermassen in geringem vertikalen Abstand von einander herbei. Wir können es uns nicht versagen, hier nochmals auf die überraschende Tatsache hinzuweisen, daß unter dem leichten äquatorialen Oberflächenwasser sich bereits in sehr geringer Tiefe schwereres Wasser findet als in gleichen Tiefen der mittleren und höheren Breiten, daß also hier dieselbe Erscheinung sich bemerkbar macht, wie an den Flußmündungen: wie wir an diesen in der Dichteanordnung Reaktionsströmungen erkennen, nämlich einen Auftrieb von unten her, so schließen wir aus dem Verlauf der Linien gleicher Dichte in unserem Querschnitt ebenfalls auf ein Emporquellen des äquatorialen Tiefenwassers. Indes betonten wir oben auch, daß schon von etwa 400 m ab die Linien von den mittleren Breiten her zum Äquator sich wieder senken wie in den allerobersten Schichten: hierin bestätigt sich die schon von Krümmel aufgestellte Behauptung, daß man bei Annahme äquatorialen Auftriebwassers „jedenfalls diese aufsteigende Bewegung nicht aus sehr großen Tiefen herleiten dürfe"[96]).

In noch größeren Tiefen verlaufen in der Äquatorialzone die Linien recht eigenartig im Zickzack; es liegt nahe, auch hieraus auf einen regen vertikalen Wasseraustausch zu schließen, der in der Weise

[95]) XXXIV, S. 227; XXXV, S. 763—96. [96]) XIII C, S. 59.

erfolgt, daß auf- und absteigende Bewegungen dicht nebeneinander stattfinden. Auf derartige Erscheinungen deutet wohl Schott hin, wenn er sagt[97]), daß „das Spiel der großen Kreisläufe stets mehr oder weniger von sekundären, kleineren überdeckt wird", und damit hängt vermutlich auch zusammen, daß Station Ch. 348 in etwa 600 m Tiefe schwereres Wasser von leichtem umgeben aufweist, eine Anordnung, die nach Mohn[98]) die „sinkende Tendenz", also eine absteigende Bewegung kennzeichnet. Hiermit kommen wir auf die Wasserversetzungen in den mittleren Breiten.

Derartige „schwere Wasserblasen" finden wir nämlich vor allem zwischen 10° und 17° s. Br. durch die Tiefsee-Dichtemessungen an den drei auf einander folgenden „Challenger"-Stationen 340, 341 und 342 festgestellt und zwar in denselben Breiten, wo Schott aus dem dortigen Oberflächen-Salzgehaltmaximum auf eine sinkende Tendenz schließt. Somit scheint sich in der Dichteanordnung das von jenem Autor aus der Wärmeverteilung hergeleitete Vorhandensein eines Vertikalstromringes zwischen Äquator und mittleren Breiten jedenfalls für den Südatlantischen Ozean zu bestätigen. Ob im Nordatlantischen das bei Station Ch. 353 in 600 m Tiefe ausgeprägte kleine Dichtemaximum zu dem analogen Schluß berechtigt, wage ich nicht zu entscheiden, so verlockend dieser Schluß auch wäre. Nach Sandström-H. Hansen haben wir das „Zentrum" der absteigenden Bewegung erst in 50 bis 60° n. Br. anzunehmen. Ich muß mich demnach damit begnügen, die Auffassung Schott's hinsichtlich eines nordatlantischen Vertikalstromringes zwischen Äquator und mittleren Breiten unter Hinweis auf die Identität zwischen seinem und dem Sandström-Hansen'schen Zirkulationsschema, die auf verschiedenem Wege abgeleitet sind, zu verteidigen, indem ich als ein Resultat dieser Untersuchungen anführe, daß im Anschluß an die Mohn'sche Theorie auf Grund der Oberflächenform des Nordatlantischen Ozeans, soweit sie durch Dichteverhältnisse bedingt ist, ebenfalls ein Stromsystem zu erwarten ist, das dem der genannten Autoren gleicht.

Zu meinem großen Bedauern erlaubt das vorhandene Material keine weitergehenden Untersuchungen speziell über das Tiefenstrombild. Für den erwähnten meridionalen Querschnitt habe ich zwar noch die hydrodynamischen Größen berechnet, vermag ihnen indes kaum eindeutige Ergebnisse zu entnehmen. Ich will nur darauf hinweisen, daß die Isosteren bezw. Isosteranomalen in der Äquatorialzone nicht so verlaufen, wie Sandström und H. Hansen in ihrem Querschnitt sie zeichnen, nämlich mit stetiger Senkung zum Äquator; das geht schon aus dem oben über die Linien gleicher Dichte gesagten hervor, mag indes hier nochmals in einigen Zahlen veranschaulicht werden, welche die Durchschnittswerte der Größen $V—V_0$ in den beiderseitigen Roßbreiten und der Äquatorialzone wiedergeben:

| | 30° n. Br. Ch. 353 u. 354 | Äquat.-Zone Ch. 346—352 | 30° s. Br. Ch. 335 u. 336 |
|---|---|---|---|
| 0 | 221 | 494 | 216 |
| 100 | 182 | 168 | 192 |
| 200 | 147 | 143 | 166 |
| 300 | 122 | 115 | 144 |
| 400 | 101 | 101 | 118 |
| 500 | 79 | 86 | 100 |
| 600 | 71 | 78 | 80 |
| 700 | 62 | 75 | 75 |
| 800 | 59 | 73 | 66 |
| 900 | 59 | 69 | 65 |
| 1000 | 54 | 69 | 60 |

Beachten wir die Regel, daß die Solenoïde das Wasser so zu bewegen suchen, daß die Isosteranomalen horizontal werden, dann müssen wir aus diesen Zahlen auf kompliziertere Strombildungen schließen, als die oben genannten Schemata erkennen lassen. Z. B. haben wir hiernach in 100 m und geringerer Tiefe Bewegungen zu erwarten in der Oberflächenströmung entgegengesetzter Richtung; ohne daß wir — wie gesagt, aus Mangel an Material — hierauf weiter eingehen wollen, sei nur daran erinnert, daß Buchanan auf der Fahrt zwischen Ascension und Sierra Leone unter dem Äquator an der Oberfläche schwache westliche Versetzung, in bereits 55 m Tiefe, aber starke S O.-Strömung feststellte, und zugleich auf die eigentümlichen

[97]) X, S. 166. [98]) XX, H. 79, S. 15; XXXVI, S. 8.

Abtrifterscheinungen bei den Planktonzügen des „National", die Krümmel mehrfach erwähnt, hingewiesen. Da es nicht möglich ist, aus dem einen Querschnitt weitgehende Schlüsse in dieser Richtung zu ziehen, so müssen wir uns mit jenem Hinweis begnügen.

Ebenso muß die Beantwortung mancher anderen im vorhergehenden gestreiften Frage, für die uns die im nächsten Teil zu erörternden Windverhältnisse auch keine Aufklärung geben können, künftigen auf reichlicherem Material basierenden Untersuchungen vorbehalten bleiben, z. B. ob der erwähnte Unterschied zwischen Unter- und Tiefenstrom sich aufrecht erhalten läßt, wir somit vielleicht für die oben gefundenen überraschend großen Geschwindigkeitszahlen in der Weise eine Erklärung finden, daß sie zu Unterströmen gehören, die noch oberhalb der „kriechenden Tiefenverschiebungen" sich bewegen. Auch bleiben die Fragen offen, ob Unterströme von den Stauwasserzonen nach den Polen zu existieren, ob in der Tatsache, daß die Tiefen geringsten Salzgehalts — im Südatlantischen Ozean nach den „Gauss"-Messungen in 700 bis 800 m, im Nordatlantischen nach einem „Challenger"-Diagramm in 1600 bis 1700 m — sich ungefähr decken mit den oben festgestellten Schichten größter $\Sigma h$- bezw. Druckdifferenzen, sich eine Erklärung für die eigenartige Salzgehaltsschichtung im Ozean findet u. a. m.

Für die eine oder andere dieser Fragen werden vielleicht die Resultate der „Gauss"-Expedition Aufklärung bringen. Hoffentlich regen diese Untersuchungen mit zu weiteren Forschungen über die Tiefseedichteverhältnisse des offenen Ozeans an. Der Umstand, daß gerade die Verteilung des absoluten spezifischen Gewichts in der Tiefe der großen Ozeane verhältnismäßig wenig erörtert worden ist, hat mich veranlaßt, diesen Teil der Arbeit ausführlicher zu behandeln, als ursprünglich beabsichtigt war.

## Teil B.

Wie im ersten Teil gezeigt, ist in der Form der Dichtigkeitsfläche annähernd das Oberflächen-Stromsystem des Atlantischen Ozeans ausgeprägt. Hieraus geht hervor, daß sie in ihren Hauptzügen der sog. „Windfläche" ähneln muß, in der sich nach Mohn die stromerzeugende Wirkung der Winde, der Hauptursache der Oberflächenströmungen, zum Ausdruck bringen läßt. Mit dieser soll sich der zweite Teil der vorliegenden Arbeit beschäftigen. Ich kann mich hier bedeutend kürzer fassen, da bereits von Wegemann[1]) eine ausführliche Arbeit über die Windströmungen des nördlichen Teiles des Nordatlantischen Ozeans vorliegt. An diese wie an die neueren Untersuchungen[2]) desselben Verfassers über die empirischen Beziehungen zwischen Luftdruck-Gradient und Windstärke will ich die folgenden Erörterungen direkt anschließen.

Wegemann[3]) hat, einer Idee Krümmel's folgend,[4]) unter Zugrundelegung der täglichen synoptischen Wetterkarten empirisch die Beziehungen zwischen Isobarenabstand und Windstärke ermittelt und gefunden, daß für eine bestimmte geographische Breite das Produkt aus Isobarenabstand und Windstärke konstant ist, und daß diese Konstanten sich verhalten wie die Cosinus der nomalen Ablenkungswinkel $\alpha$.

$\alpha$ habe ich für die Breiten 0—60° berechnet nach der bekannten Formel $\operatorname{tg} \alpha = \frac{2 w \sin \varphi}{k}$, wo $w = 0{,}0000729\,2$ und der Reibungskoefficient $k = 0{,}000035$ ist.[5]) Auch für die äquatorialen Gegenden habe ich diesen Wert von k benutzt, obwohl Mohn und Guldberg[6]) hier einen kleineren Reibungskoefficienten annehmen, nämlich 0,000015 bis 0,00002; hierauf werde ich unten zurückkommen. Nach den von Wegemann festgestellten Konstanten v. a = Produkt aus Windgeschwindigkeit und Isobarenabstand:

| $\varphi$ | 25° | 35° | 45° | 55° | 65° |
|---|---|---|---|---|---|
| v. a | 1069 | 835 | 696 | 610 | 554 |

und der oben erwähnten Relation sind die Konstanten für die Breiten 0—60° berechnet.

[1]) III. [2]) XXXIII, S. 408. [3]) XXVI, L. B., 261. [4]) V, S. 370. [5]) I u. III. [6]) XXXIII, Heft 9.

| Breite $\varphi$ | Ablenkungswinkel $\alpha$ | a . v | log (a . v) | Breite $\varphi$ | Ablenkungswinkel $\alpha$ | a . v | log (a . v) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 2164.2 | 3.33530 | 30 | 64° 21′ | 936.4 | 2.97146 |
| 1 | 4° 9′ | 2158.5 | 33416 | 31 | 65° 1′ | 914.1 | 96099 |
| 2 | 8° 16′ | 2141.7 | 33077 | 32 | 65° 38′ | 892.8 | 95077 |
| 3 | 12° 18′ | 2114.5 | 32522 | 33 | 66° 13′ | 872.7 | 94085 |
| 4 | 16° 10′ | 2078.6 | 31778 | 34 | 66° 46′ | 853.5 | 93122 |
| 5 | 19° 57′ | 2034.3 | 30843 | 35 | 67° 17′ | 835.0 | 92169 |
| 6 | 23° 32′ | 1984.2 | 29759 | 36 | 67° 47′ | 818.1 | 91279 |
| 7 | 26° 55′ | 1929.7 | 28550 | 37 | 68° 16′ | 801.6 | 90398 |
| 8 | 30° 6′ | 1872.4 | 27239 | 38 | 68° 42′ | 786.0 | 89543 |
| 9 | 33° 6′ | 1813.0 | 25840 | 39 | 69° 8′ | 771.1 | 88713 |
| 10 | 35° 53′ | 1753.5 | 24390 | 40 | 69° 31′ | 757.1 | 87915 |
| 11 | 38° 29′ | 1694.1 | 22895 | 41 | 69° 54′ | 743.5 | 87127 |
| 12 | 40° 54′ | 1635.8 | 21374 | 42 | 70° 16′ | 730.6 | 86370 |
| 13 | 43° 9′ | 1578.9 | 19837 | 43 | 70° 37′ | 718.4 | 85636 |
| 14 | 45° 13′ | 1524.5 | 18314 | 44 | 70° 56′ | 706.7 | 84924 |
| 15 | 47° 10′ | 1471.4 | 16773 | 45 | 71° 15′ | 696.0 | 84261 |
| 16 | 48° 57′ | 1421.3 | 15268 | 46 | 71° 33′ | 684.9 | 83564 |
| 17 | 50° 37′ | 1373.3 | 13774 | 47 | 71° 50′ | 674.8 | 82916 |
| 18 | 52° 10′ | 1327.5 | 12302 | 48 | 72° 6′ | 665.1 | 82287 |
| 19 | 53° 36′ | 1284.3 | 10866 | 49 | 72° 22′ | 655.8 | 81679 |
| 20 | 54° 56′ | 1243.6 | 09468 | 50 | 72° 36′ | 648.0 | 81158 |
| 21 | 56° 11′ | 1204.4 | 08077 | 51 | 72° 50′ | 638.6 | 80521 |
| 22 | 57° 21′ | 1167.6 | 06729 | 52 | 73° 4′ | 630.5 | 79970 |
| 23 | 58° 26′ | 1132.8 | 05415 | 53 | 73° 17′ | 622.8 | 79437 |
| 24 | 59° 27′ | 1100.0 | 04139 | 54 | 73° 29′ | 615.5 | 78922 |
| 25 | 60° 24′ | 1069.0 | 02898 | 55 | 73° 40′ | 610.0 | 78533 |
| 26 | 61° 18′ | 1039.4 | 01678 | 56 | 73° 51′ | 601.8 | 77944 |
| 27 | 62° 8′ | 1011.6 | 00501 | 57 | 74° 2′ | 595.4 | 77481 |
| 28 | 62° 55′ | 985.3 | 2.99357 | 58 | 74° 12′ | 589.3 | 77034 |
| 29 | 63° 39′ | 960.3 | 98241 | 59 | 74° 21′ | 583.5 | 76604 |
| 30 | 64° 21′ | 936.4 | 97146 | 60 | 74° 30′ | 578.7 | 76245 |

Eine Karte über die „jährliche Verteilung der Isobaren von 1 zu 1 mm“ über dem Atlantischen Ozean, korrigiert für die Schwere in 45° Br. habe ich entworfen nach der im „Atlas für den Atlantischen Ozean“ von der Deutschen Seewarte gegebenen, die den Luftdruck ohne Schwerekorrektion angibt. In jene ist die Windrichtung unter Benutzung obiger Ablenkungswinkel und die mit Hülfe der Konstanten v . a und des direkt der Karte entnommenen Isobarenabstandes a berechnete Windstärke v eingetragen. Die Richtung ist durch kurze gleichartige Pfeile, die Stärke durch „Linien gleicher Windgeschwindigkeit $\left(\frac{m}{sec.}\right)$“ angedeutet; ich habe aus demselben Grunde wie Wegemann, dessen Originalkarten[7]) mir von Herrn Professor Dr. Krümmel gütigst zur Verfügung gestellt wurden, diese Form gewählt und nicht die Darstellung der Windstärke durch die Länge der Pfeile, Zahl der Fieder u. ä., um Verwechslung mit „Beaufort-Karten“ zu vermeiden; auch scheint mir diese Darstellung übersichtlicher zu sein.

Die erhaltenen Windrichtungen entsprechen recht genau den in den Köppen'schen Windkarten auf Grund empirischer Feststellungen wiedergegebenen, während die Benutzung kleinerer Reibungskoeffizienten (s. ob.) für die äquatorialen Gebiete viel zu große Ablenkungswinkel ergab. Die Windgeschwindigkeiten dagegen sind z. T. erheblich geringer als in den Köppen'schen Karten, wenn auch die Lage der Stärkemaxima und Minima sich bei beiden gut deckt; zu beachten ist, daß unsere Karte den gesamten Jahresdurchschnitt gibt, während jene nur die Winde der Monate Januar-Februar und Juli-August zeigen.

[7]) s. III, S. 27 Anm.

Nach Mohn erzeugt die Windstärke B. 3.9 eine Strömung von 15 Seemeilen im Etmal; die neueren Köppen'schen Reduktionswerte ergeben für B. 3.9 eine Windgeschwindigkeit von 6.51 $\frac{m}{sec.}$. Demnach berechnen sich folgende einfache Relationen zwischen den Windstärken unserer Karte und den zugehörigen Triftgeschwindigkeiten:

| Windgeschwindigkeit | Triftgeschwindigkeit | | |
|---|---|---|---|
| $\frac{m}{sec.}$ | $\frac{cm}{sec.}$ | $\frac{cm}{sec.}$ abgerundet | $\frac{Seemeilen}{24\ Stunden}$ |
| 1 | 4.94 | 5 | 2.33 |
| 2 | 9.88 | 10 | 4.66 |
| 3 | 14.82 | 15 | 7.00 |
| 4 | 19.76 | 20 | 9.33 |
| 5 | 24.70 | 25 | 11.66 |

Die Richtung der Trift habe ich gleich der des Windes angenommen, soweit die Küsten es zulassen; an diesen richtet sich die Strömung nach dem Verlauf der Küstenlinie. Ich folge hierin dem Beispiele Mohn's und Wegemann's, die selbst für die hohen Breiten der von ihnen betrachteten Meeresteile keine weitere Ablenkung der Trift- von der Windrichtung annehmen. Auch stütze ich mich hierbei vor allem auf die diesbezüglichen Erörterungen Krümmels in dessen „Ozeanographie", die darauf ausgehen, daß die Ursache für die gerade in den niederen Breiten z. T. auffallend großen Ablenkungen der Strömungs- von der Windrichtung hauptsächlich in dem Kompensationsbedürfnis vor den Strömungen liegender Meeresteile zu suchen ist.

Für die Darstellung der Windverhältnisse nördlich von etwa 55° n. Br. habe ich die Wegemann'schen Zeichnungen benutzt (s. ob.).

Aus der Wind- bezw. Windströmungskarte geht hervor, daß es ausgeschlossen ist, eine einheitliche „Windfläche" für den Atlantischen Ozean zu konstruieren; denn eine wesentliche Voraussetzung für die Möglichkeit, sie zu berechnen, besagt, daß die Stromstärke proportional der Entfernung von den stromlosen Zentren — den „Parabelscheiteln" — zunehmen muß. Diese Voraussetzung trifft aber nur für kleinere Meeresabschnitte zu; aus diesem Grunde hat auch Wegemann seine Windfläche nur für die Irminger-See konstruiert.

Im übrigen ist ja die Windfläche auch nur Mittel zum Zweck, insofern nämlich, als sie die Möglichkeit bietet, mit der Dichtigkeitsfläche kombiniert die durch Dichte- und Windverhältnisse bedingten Strömungen ihrer Richtung und Stärke nach in einem einheitlichen Bilde, der Stromfläche, darzustellen. Nachdem nun gezeigt ist, daß bei den großen Atlantischen Oberflächenströmungen das Bestreben, durch Dichteunterschiede bedingte Niveaudifferenzen auszugleichen, als bedeutungsvoll für Richtung und Stärke des Stromes nur für die Floridaströmung südlich von Neu-Fundland in Betracht kommen kann, ist die Darstellung der Windfläche für die Ableitung der Oberflächenströme überflüssig, und es genügt eine Windströmungs- bezw. eine Windkarte, der nach den genannten einfachen Relationen leicht Richtung und Stärke der Triften zu entnehmen sind, um direkt die Zahlenwerte für den größten Teil der Atlantischen Strömungen zu erhalten, statt sie auf dem Umwege einer Stromflächenkonstruktion sich zu bilden. Gleichwohl möge doch die Darstellung der stromerzeugenden Kraft des Windes in der Form einer Fläche, soweit sich diese aus der Isobarenkarte ablesen läßt, in das Bereich unserer Betrachtungen gezogen werden, um unmittelbar den Vergleich mit der Dichtigkeitsfläche zu ermöglichen.

Nach der Mohn'schen Theorie gestaltet sich die Atlantische Windfläche etwa folgendermaßen:

1. an den beiderseitigen Roßbreitenzonen finden sich unter den bekannten Luftdruckmaximen Aufwölbungen der Meeresoberfläche, die sich in westöstlicher Richtung erstrecken.

2. von diesen Aufwölbungen aus senkt sich die Oberfläche nach dem Äquator und den Polen hin und zwar nach den letzteren stärker; denn erstens nimmt der Luftdruck nach den Polen, vor allem dem Südpol, hin rascher ab, zweitens ist die Größe des Gefälles proportional dem sinus der Breite nach der Formel

$$h = \frac{w \cdot \sin \varphi}{g_{45}\ (1 - \beta \cos 2\ \varphi)} \cdot x \cdot u$$

(hier bedeutet h die Niveaudifferenz und x den Abstand zwischen dem betrachteten Punkt und dem „Parabelscheitel", d. i. das stromlose Zentrum, das zum Ausgangspunkt der Berechnung gemacht wird; w = 0.000 072 92; u = Stromstärke; über die andern Größen siehe Teil A.).

In den äquatorialen Gegenden wird sich infolgedessen die Windfläche trotz der erheblichen Luftdruckdifferenz zwischen den Roßbreitenmaximen und der äquatorialen Depression ohne bedeutende Deformationen darstellen, da dort der sinus der Breite rasch nach Null hin abnimmt; es wird dort mit andern Worten für die Gestaltung der Stromfläche die Dichtigkeitsfläche maßgebend sein. Umgekehrt ergibt sich hieraus auch, daß die Mohn'schen Formeln zur Berechnung der Flächen bezw. zur Rückberechnung der Stromstärke aus den Flächen für die äquatornahen Gebiete versagen.

3. von ca. 60 bis 70° Br. ab wird mit der wahrscheinlichen abermaligen Zunahme des Luftdrucks nach den Polen hin, wie sie für die nördliche Hemisphäre in den Buchan'schen Luftdruckkarten auch zum Ausdruck gebracht ist, die Windfläche sich wieder erheben.

4. der östlich von den beiden Roßbreitenmaximen ausgeprägte nordsüdliche Verlauf der Isobaren in Verbindung mit ihrer dortigen Häufung wird in der Windfläche als Gefälle nach Osten hin zum Ausdruck kommen.

Demgemäß gleichen sich in der Tat Wind- und Dichtigkeitsfläche[8]) in ihren Hauptzügen. Es bleibt also die oben ausgesprochene Anschauung bestehen über den Wert der Dichtigkeitsfläche, die infolge der weniger variablen Zahlenwerte, welche die Dichtewerte darstellen, ein wohl zu beachtendes Hülfsmittel für die Bestimmung von solchen Oberflächenströmen bietet, zu deren Feststellung Beobachtungen von Winden und Stromversetzungen nicht ausreichen.

Selbstverständlich sind die Niveauunterschiede der Windfläche gemäß der Bedeutung der Winde als Hauptursache der Oberflächenströme bedeutend größer als die der Dichtigkeitsfläche, doch wollen wir die Zahlenwerte für die Wirkung der Winde nicht auf dem Umwege mittelst der Windfläche erhalten, sondern sie direkt der Windkarte entnehmen.

Nachstehende Zusammenstellung gibt für eine Anzahl Punkte der Hauptzweige der Atlantischen Oberflächenströmungen deren Richtung und Stärke wieder und zwar:

1. die berechnete Windtrift (nach meiner Karte),
2. die empirisch festgestellte Strömung (nach Krümmel's Strömungskarte).

| Lage | nach der berechneten Windkarte | | nach Krümmel's Strömungskarte | |
|---|---|---|---|---|
| | Stromrichtung | Stromstärke | Stromrichtung | Stromstärke |
| 1) Kanarienstrom . { 20—25° n. Br. / 20—25° w. L. | S 32° W | 25 $\frac{cm}{sec}$ = 12 $\frac{Sm}{24\ h}$ | S 17° W | 10—12 $\frac{Sm}{24\ h}$ |
| 2) Nördl. Äquatorialstrom . . . . . { 10° n. Br. / 35—40° w. L. | S 42° W | 20 $\frac{cm}{sec}$ = 9.3 $\frac{Sm}{24\ h}$ | W | 15 $\frac{Sm}{24\ h}$ |
| " { 8—10° n. Br. / 50—52° w. L. | S 63° W | 25 $\frac{cm}{sec}$ = 12 $\frac{Sm}{24\ h}$ | W 31° N | ca. 20 $\frac{Sm}{24\ h}$ |
| 3) Floridastrom . . { 37° n. Br. / 70° w. L. | N 52° O | 7.4 $\frac{cm}{sec}$ = 3.5 $\frac{Sm}{24\ h}$ | N 57° O | über 36 $\frac{Sm}{24\ h}$ |
| " { 40—42° n. Br. / 62—64° w. L. | N 76° O | 10 $\frac{cm}{sec}$ = 4.7 $\frac{Sm}{24\ h}$ | | |
| + Dichtestrom (s. S. 23) | N 87° O | . . . . 12 $\frac{Sm}{24\ h}$ | | |
| | | Su. ca. 16 $\frac{Sm}{24\ h}$ | O | 20—22 $\frac{Sm}{24\ h}$ |
| 4) Golfstromtrift . . { 42° n. Br. / 40° w. L. | N 55° O | 25—27 $\frac{cm}{sec}$ = 12—13 $\frac{Sm}{24\ h}$ | N 75° O | 12 $\frac{Sm}{24\ h}$ |

[8]) Vgl. XXVIII, L. B. 427.

| Lage | nach der berechneten Windkarte | | nach Krümmel's Strömungskarte | |
|---|---|---|---|---|
| | Stromrichtung | Stromstärke | Stromrichtung | Stromstärke |
| 5) Guineastrom . . { 8° n. Br. / 18° w. L. | O 7° S | 10 $\frac{cm}{sec}$ = 4.7 $\frac{Sm}{24\,h}$ | O | 18—24 $\frac{Sm}{24\,h}$ |
| „ { 3° n. Br. / 4° ö. L. | N 43° O | 20 $\frac{cm}{sec}$ = 9.3 $\frac{Sm}{24\,h}$ | O 16° S | 10—12 $\frac{Sm}{24\,h}$ |
| 6) Südl. Äquatorialströme . . . . { 8—10° s. Br. / 15—20° w. L. | W 33° N | 17 $\frac{cm}{sec}$ = 7.9 $\frac{Sm}{24\,h}$ | W | 12 $\frac{Sm}{24\,h}$ |
| 7) Benguelastrom . { 25—28° s. Br. / 8—10° ö. L. | W 65° N | 22 $\frac{cm}{sec}$ = 10.3 $\frac{Sm}{24\,h}$ | N | 12 $\frac{Sm}{24\,h}$ |
| 8) Westwindtrift . . { 40° s. Br. / 5° ö. L. | O 22° S | 28 $\frac{cm}{sec}$ = 13.1 $\frac{Sm}{24\,h}$ | N 56° O | 12 $\frac{Sm}{24\,h}$ |
| „ { 40° s. Br. / 30° w. L. | O 15° S | 20 $\frac{cm}{sec}$ = 9.3 $\frac{Sm}{24\,h}$ | N 80° O | 6 $\frac{Sm}{24\,h}$ |
| 9) Brasilienstrom . { 35° s. Br. / 40° w. L. | O 45° S | 15 $\frac{cm}{sec}$ = 7 $\frac{Sm}{24\,h}$ | S 24° W | 6 $\frac{Sm}{24\,h}$ |

Aus dieser Zusammenstellung ersieht man folgendes: zwischen den Wind- und den Stromrichtungen bestehen bald geringfügige bald ganz erhebliche Abweichungen, und zwar ohne Zusammenhang mit der geographischen Breite; auch erfolgt die Ablenkung des Stromes durchaus nicht immer auf der nördlichen Hemisphäre nach rechts, auf der südlichen nach links. Ich habe bereits oben die diesbezüglichen Erörterungen hervorgehoben, die Krümmel in seiner „Ozeanographie“ gibt. Nach ihm sind, wie gesagt, jene Abweichungen in vielen Fällen vor allem bedingt durch das Kompensationsbedürfnis vor den Strömungen liegender Meeresteile. Die von dem Autor angeführten Beispiele zeigen dies klar und deutlich; auch auf Grund unserer Windkarte gelangt man zu denselben Schlußfolgerungen. Vor allem gilt dies für den nördlichen Teil des Brasilien- und für den Antillenstrom: beide sind in erster Linie als Kompensationsströme aufzufassen.

Was nun die Geschwindigkeit der Strömungen anbelangt, so zeigt sich, daß an den Punkten, wo die Windstärke-Maxima liegen, die berechnete Windtrift- und die empirisch festgestellte Stromstärke meist einander recht nahe kommen. Ebenso genügen in den Gebieten abnehmender Stromgeschwindigkeit nach dem Innern der großen Oberflächenstromringe zu die berechneten Windstärken zur Erzeugung der dort bestehenden Wasserversetzungen. Dagegen sind an der Peripherie jener Stromkreise die vorhandenen Stromgeschwindigkeiten vielfach erheblich stärker als die berechneten Triften. Man könnte nun überall die Differenzen feststellen und den Versuch machen, deren Ursachen zu analysieren; es kommen nämlich außer dem mehrfach hervorgehobenen „Kompensationsbedürfnis“ auch die teils beschleunigende teils hemmende Trägheit, die Reibung, die Beeinflussung der Stromstärke durch die Küstenform (beachte z. B. wie die durch O.- und NO.-Winde durch die ganze offene Seite des amerikanischen Mittelmeeres dort hineingetriebenen Wassermassen an der nördlichsten Öffnung wieder „herausgequetscht“ werden gegen den herrschenden Wind, eine Erscheinung, die durch die Küstenform bedingt ist) u. a. in Betracht. Aber, um z. B. die durch Kompensationsbedürfnis verursachten Versetzungen ihrer Größe nach zu bestimmen, bedürfen wir zunächst zahlreicher Tiefenstrommessungen; aus diesen ist die Mächtigkeit des Oberflächenstromes, dann die Masse des versetzten Wassers und hieraus die zum Kompensieren erforderliche Wasserzufuhr zu berechnen, die endlich in Verbindung mit dem Querschnitt des Oberflächenstromes, aber auch unter Berücksichtigung der Vertikalbewegungen, die Möglichkeit bietet zur Bestimmung des Kompensationsstromes. Wir sehen, daß es vorläufig ganz ausgeschlossen ist, das Gesamtstromsystem — vor allem also auch den Zusammenhang zwischen Horizontal- und Vertikalversetzungen — dem Umfange nach „rechnerisch“ zu ermitteln.

Endlich würde es noch nahe liegen, die beiden Atlantischen Stromkreise in ihrem ganzen Verlauf mit der Zirkulation unserer Karte zu vergleichen. Dies erübrigt sich indes durch die erwähnten Untersuchungen Krümmel's (s. ob. Brasilien- und Antillenstrom), an deren im Anschluß an die Beziehungen zwischen Wind- und Stromrichtungen gemachten Schlußfolgerungen durch die auf unserer Karte hinzukommenden Berechnungen der Wind- und Trift-Geschwindigkeiten in keiner Weise etwas geändert wird.

Wir beschränken uns demnach, darauf hinzuweisen, daß das Resultat dieses zweiten Teiles unserer Arbeit in der „Windkarte" zusammengefaßt ist, aus der die vom Winde erzeugten Strömungen sich mittelst der S. 271 genannten einfachen Relationen unmittelbar ablesen lassen.

# Literatur-Verzeichnis.*)


I. Den Norske Nordhavs-Expedition. H. Mohn: Nordhavets Dybder, Temperatur og Strömninger. Christiania 1887.
II. Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte, Jahrg. XXII, No. 6. Engelhardt: „Untersuchungen über die Strömungen der Ostsee. Die Dichtigkeitsfläche." Altona 1899.
III. Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte, Jahrg. XXII, No. 4. Wegemann: „Die Oberflächenströmungen des Nordatlantischen Ozeans nördlich von 50° n. Br." Altona 1900.
IV. Bibliothek geographischer Handbücher. v. Boguslawski: „Handbuch der Ozeanographie." Bd. I. Stuttgart 1884.
V. „ „ „ Krümmel: „Handbuch der Ozeanographie." Bd. II. Stuttgart 1887.
VI. Annales de chimie et de physique. Série 5, Bd. 25. Paris 1882.
VII. „ „ „ „ „ „ Série 6, Bd. 14. Paris 1888.
VIII. Report on the scientific results of the voyage of H. M. S. „Challenger" 1873—1876. Physics and Chemistry. Vol. I. London 1884.
IX. Report on the scientific results of the voyage of H. M. S. „Challenger" 1873—1876. Summary of results. Second part. London 1895.
X. Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Tiefsee-Expedition auf dem Dampfer „Valdivia" 1898—1899. Schott: „Ozeanographie und maritime Meteorologie (Text und Atlas)." Jena 1902.
XI. Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde und des Geographischen Institus an der Universität Berlin. Heft 1, März 1902: „Deutsche Südpolar-Expedition auf dem Schiff „Gauss"; Bericht über die wissenschaftlichen Arbeiten auf der Fahrt von Kiel bis Kapstadt."
XII. Die Forschungsreise S. M. S. „Gazelle" 1874—1876. II. Teil: Physik und Chemie. Berlin 1888.
XIII. Ergebnisse der Plankton-Expedition. Bd. I. Kiel und Leipzig 1892—1895.
XIV. Scottish Geograph. Magazine. 1888. Vol. IV.
XV. Makaroff: Le „Vitiaz" et l'océan pacifique. St. Petersburg 1894.
XVI. Report on Norwegian Fishery and Marine-Investigations. Vol. II. 1902. No. 4. Sandström und Helland-Hansen: „Über die Berechnung von Meeresströmungen." Bergen 1903.
XVII. Sammlung Göschen 112. Schott: Physische Meereskunde. Leipzig 1903.
XVIII. Poggendorff: Annalen der Physik und Chemie. Reihe 5, Bd. 21. Leipzig 1870.
XIX. „Das Wissen der Gegenwart." Bd. 52. Krümmel: „Der Ozean." Leipzig 1902.
XX. Dr. A. Petermann's Mitteilungen. Gotha, Justus Perthes. Jahrg. 1884/85, Erg.-Bd. 17.
XXI. „ „ „ „ „ 1888.
XXII. „ „ „ „ „ 1902.
XXIII. „ „ „ „ „ 1892/93, Erg.-Bd. 23.
XXIV. „ „ „ „ „ 1893.
XXV. „ „ „ „ „ 1896.
XXVI. „ „ „ „ „ 1900.
XXVII. „ „ „ „ „ 1904.
XXVIII. „ „ „ „ „ 1886.
XXIX. „ „ „ „ „ 1890.
XXX. Wagner: Lehrbuch der Geographie. Leipzig 1900.
XXXI. Günther: Handbuch der Geophysik. Bd. II. Stuttgart 1899.
XXXII. Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie. Jahrg. 1902.
XXXIII. „ „ „ „ „ „ „ 1904.
XXXIV. Geograpisches Jahrbuch 1903. Bd. XXVI.
XXXV. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde. Berlin 1902.
XXXVI. Dr. A. Petermann's Mitteilungen. Jahrg. 1899.
XXXVII. „ „ „ 1887.


*) Der Quellenhinweis erfolgt unter Benennung der Nummer, die das betr. Werk im obigen Verzeichnis führt.

# Inhalts-Übersicht.


Einleitung: Hauptursachen der Meeresströmungen nach Mohn. Seite

A. Die Dichtigkeitsfläche des Atlantischen Ozeans . . . . . 241

I. a) Die Möglichkeit, sie zu konstruieren, obwohl verhältnismäßig wenig Tiefsee-Dichtemessungen vorliegen. Vgl. S. 19 ff.
b) Mohn's Theorie über die Wahl des „Normalwertes" bezw. der „Ausgangsstation".
c) Vergleich zwischen dem Atlantischen Vertikalstromsystem (nach Schott und Sandström-Helland Hansen) und dem Mohn'schen Dichteströmungsschema.
d) Geschichtliches: Frühere Versuche auf Grund der Dichteverhältnisse die Oberflächenform des A. Oz. zu bestimmen.
e) Material.

II. Bestimmung der Grenzfläche . . . . . 245

a) Auf mathematischem Wege.
b) Auf Grund der Wärmeverhältnisse. Grenzfläche gleich Schicht eines Temperatursprunges; ein solcher ist im Nord-A. Oz. in 750 m, im Süd-A. Oz. in 450 m Tiefe. Wahrscheinlichkeit dreier Horizontalströmungsschichten. (Vgl. c2).
c) Auf Grund der Dichteverhältnisse. Grenzfläche gleich Horizontalschicht geringster „$\Sigma_h$-Differenzen" ($\Sigma_h$ ist die durchschnittliche Dichte der ganzen Wassersäule von der Oberfläche bis zur Tiefe h m).
1. Dichte-Abnormitäten der oberen Schichten werden in der Tiefe durch Wasser von entgegengesetztem Verhalten wieder ausgeglichen und zwar bereits bis zu einer bestimmten Tiefe hin: der Grenzfläche.
2. Auch nach den Dichteverhältnissen zu urteilen sind 3 Horizontalströmungsschichten vorhanden: Oberflächenstrom; Unterstrom, verursacht durch die Anstauung des Oberflächenwassers in den mittleren Breiten; Tiefenstrom, der polares Wasser zum Äquator führt.

III. Konstruktion der Dichtigkeitsfläche . . . . . 257

a) Berechnung der Niveauhöhen.
b) Konstruktion der Niveaulinien. Diese Konstruktion wird trotz der an Zahl geringen Tiefseedichtemessungen ermöglicht durch den Umstand, daß sich die spezifischen Gewichte der Oberfläche annähernd verhalten wie die Werte $\Sigma_h$ bis zur Grenzfläche. Dies Verhalten erleichtert die angenäherte Bestimmung des Verlaufes der Linien höchster und tiefster Lage.
c) Form der Dichtigkeitsfläche. Ohne selbst Einfluß auf die Oberflächenströme auszuüben, gibt die Dichtigkeitsfläche doch in ihren Hauptzügen den Verlauf der Oberflächenzirkulation wieder, daher ihr event. Nutzen zur Bestimmung zweifelhafter Ströme.

IV. Einfluß der Dichteunterschiede auf die Vertikal- und Tiefenströme . . . . . 263

a) Die Oberflächenform und Vertikalzirkulation zwischen Pol und Äquator.
b) Druckgefälle in der Tiefsee.
c) Das äquatoriale Auftrieb- und das Roßbreiten-Stauwasser.
d) Der Verlauf der Isosteren.

B. Die Winde über dem Atlantischen Ozean und ihre Beziehungen zu den Strömungen . . . . . 269

Einleitung: Die Dichtigkeitsfläche verhält sich ähnlich wie die „Windfläche", in der sich die stromerzeugende Kraft der Winde zum Ausdruck bringen läßt.
a) Konstruktion der Windkarte.
b) Relationen zwischen Winden und Triften.
c) Konstruktion einer einheitlichen „Windfläche" für den A. Oz. nicht möglich; deren Form, soweit sie sich aus der Isobaren-Karte erkennen läßt.
d) Die Winde als Hauptursache der Oberflächenströmungen; andere Ursachen, die zur Verstärkung der Triften beitragen.

Literatur-Verzeichnis.

# Absolutes spezifisches Gewicht $S_{4^\circ}^{1^\circ}$ im Atlantischen Ozean.

Bemerkungen: „Bd" = Boden; Bedeutung der [ ] s. S. 245 Mitte
Lage der Stationen s. S. 258

Anhang 1.

Challenger | Vitiaz | Buccaneer | National | Valdivia | Gauss | Chall. | Vald.

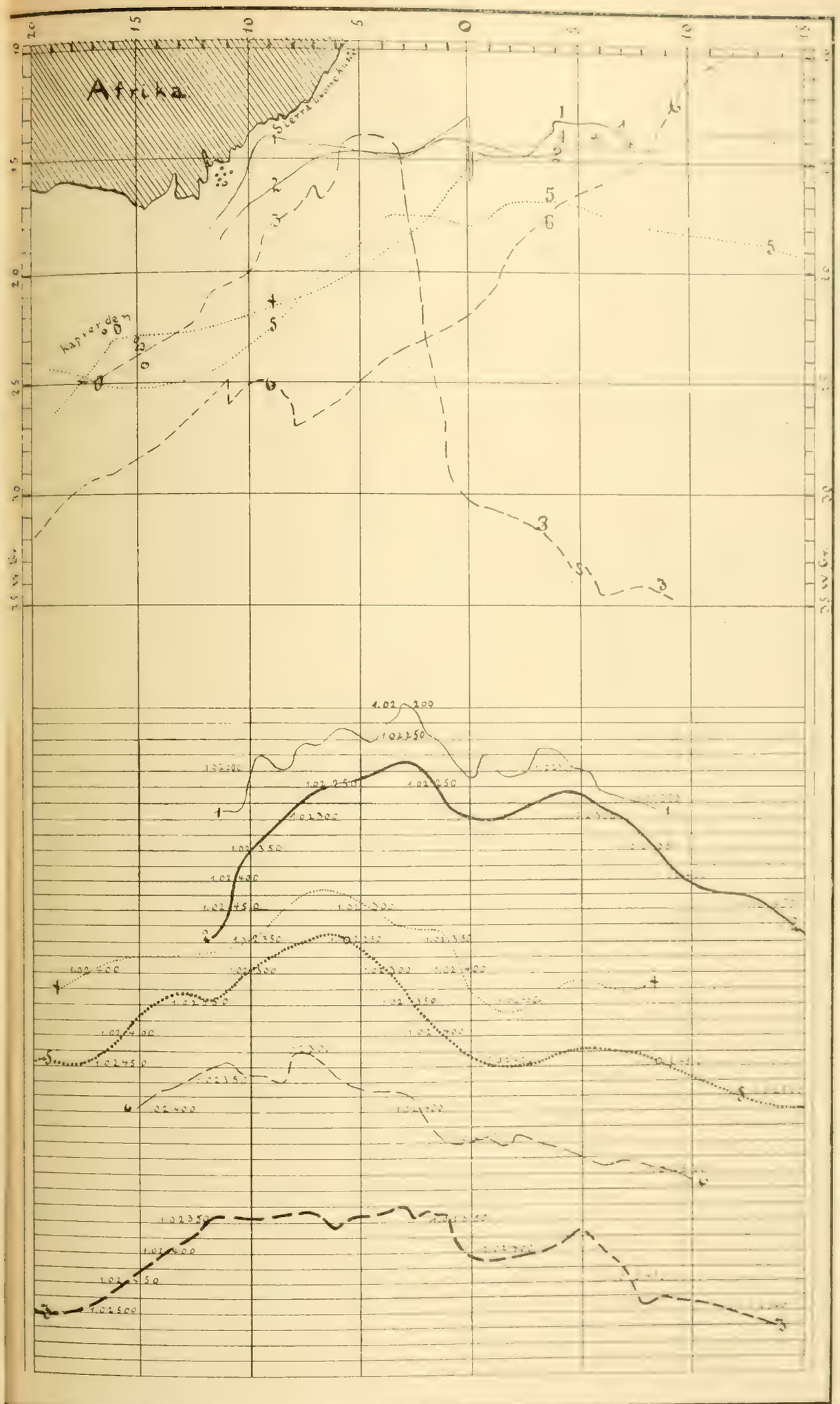
Gemessene Werte $\frac{\sigma}{\text{Tiefe in m}}$, wo $\sigma = [S_{4^\circ}^{1^\circ} - 1.02] \cdot 10^5$.

2) Durch graphische Interpolation erhaltene Werte: $\sigma = [S_{4^\circ}^{1^\circ} - 1.02] \cdot 10^4$.

Anhang 2.

## Die Werte $\Sigma_h$, d. i. das durchschnittliche spezifische Gewicht der Wassersäulen 0—100, 0—200, . . . . . 0—h m Tiefe.

$\sigma^1 = [\Sigma_h - 1.02] \cdot 10^5$.




Atlantischer Ozean.

# Oberflächen-Dichte-Messungen

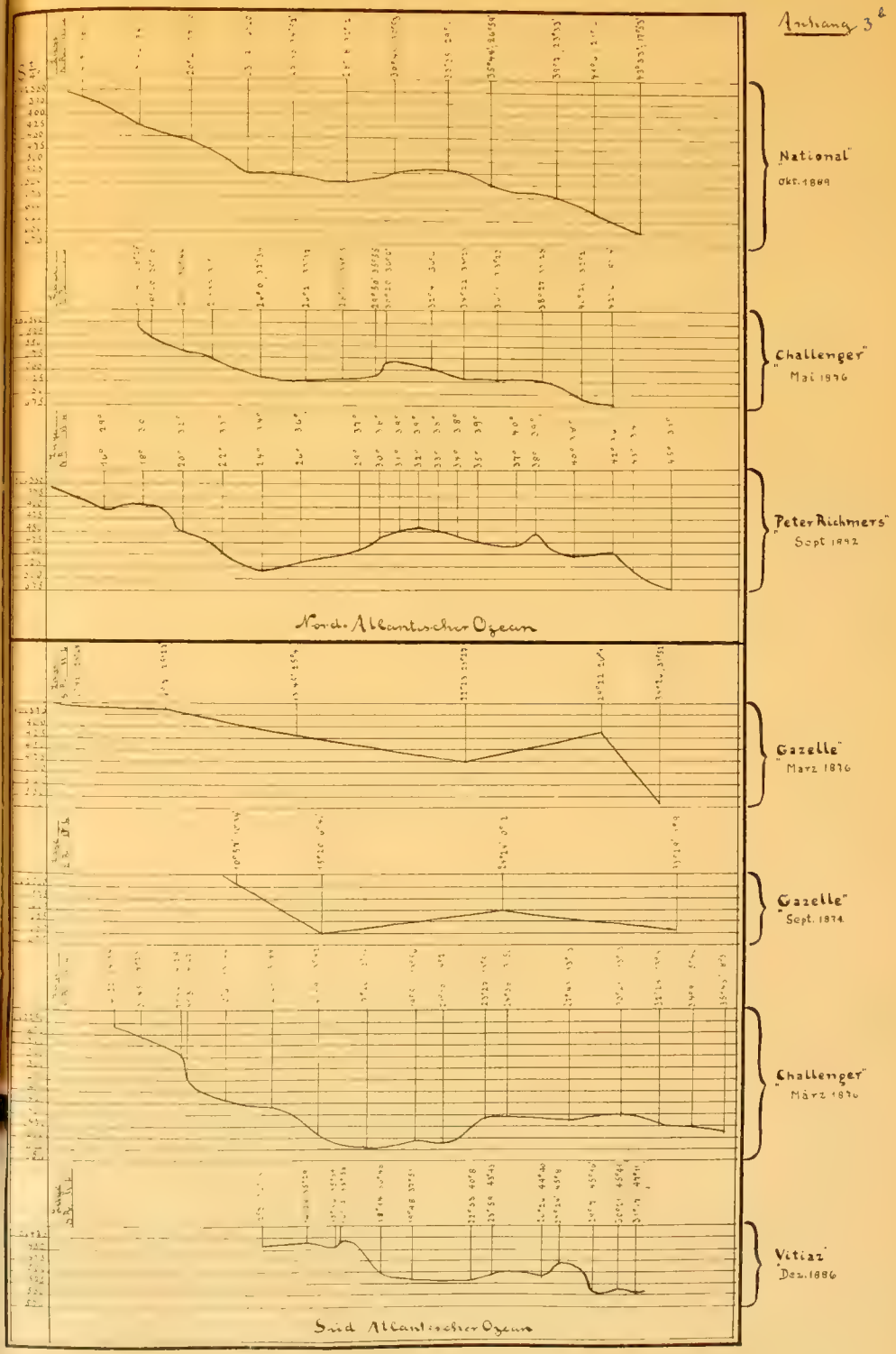
in der

# Äquatorialsee.

**Fahrtlinien und Messungen der Schiffe:**

1. „Buccaneer“ März 1886.
2. „Challenger“ April 1876.
3. „Challenger“ August 1873.
4. „National“ Aug. Sept. 1889.
5. „Gauss“ Sept./Okt. 1901.
6. „Peter Rickmers“ Aug. Sept. 1892.

# Oberflächen-Dichte-Messungen in den Zonen der Salzgehalt-Maxima.

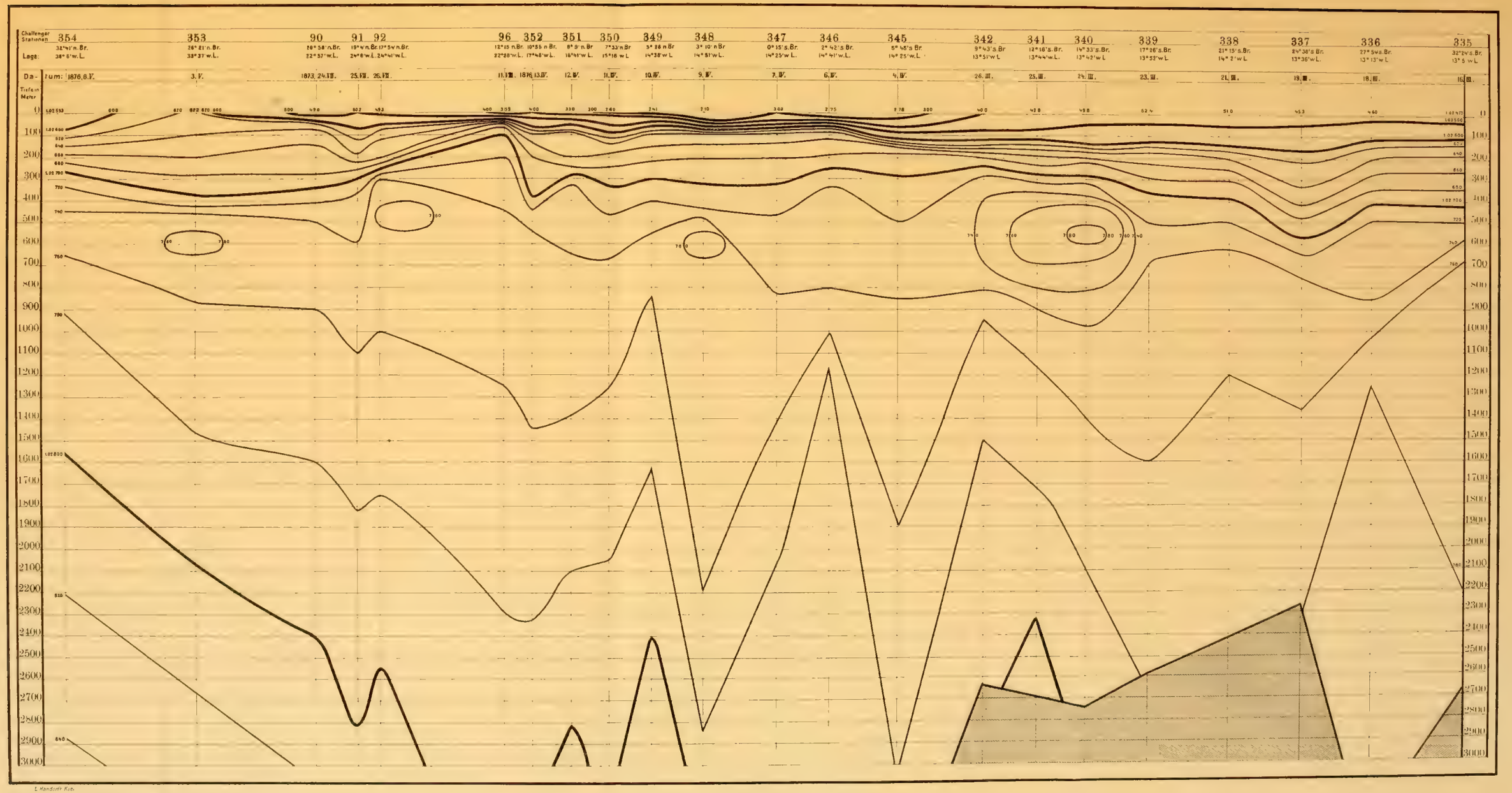


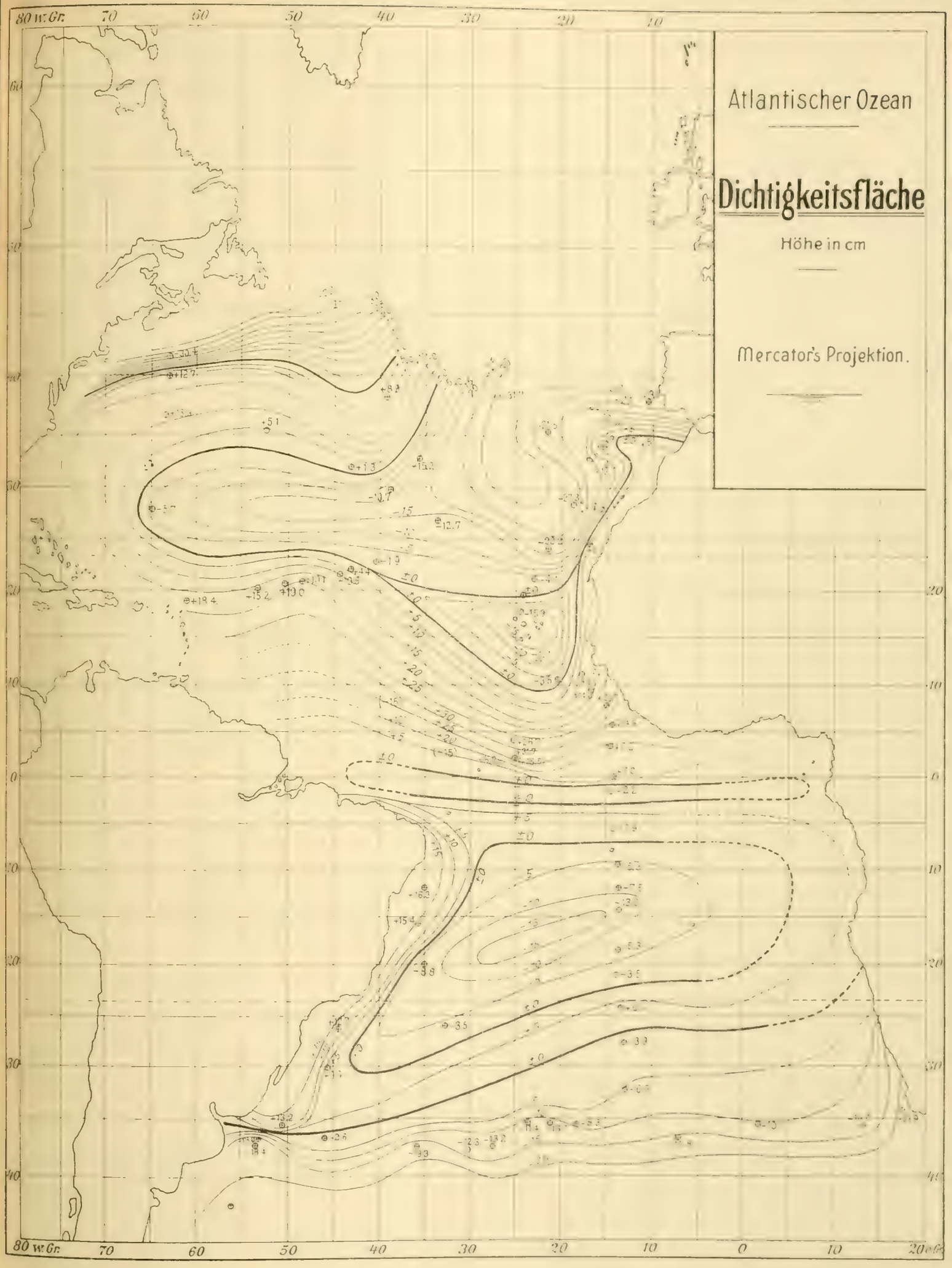
# Atlantischer Ozean.

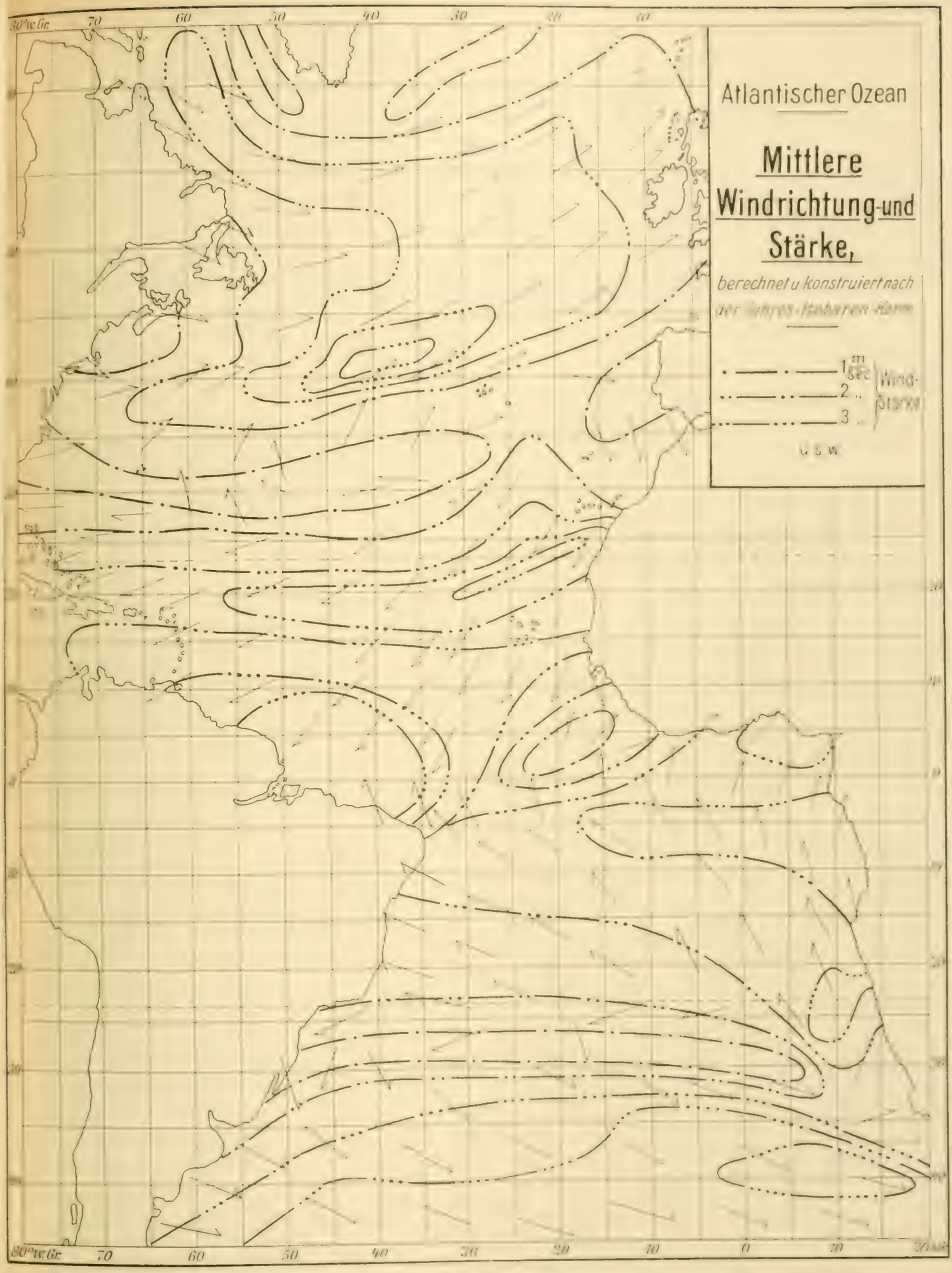
## 1) Vertikale Verteilung der absoluten Dichte $S^{t^\circ}_{4^\circ}$

Meridionaler Querschnitt von 32° n. Br. bis 32° s. Br.






Atlantischer Ozean
Dichtigkeitsfläche
Höhe in cm
Mercator's Projektion.
80 w. Gr.
70
60
50
40
30
20
10
0
10
20


Atlantischer Ozean
Mittlere Windrichtung-und Stärke,
berechnet u konstruiert nach
1 m/sec
2 „
3 „
Wind-Stärke
u s w
30° w. Gr.
70
60
50
40
30
20
10
0
10
80° w. Gr.

Aus dem Laboratorium für internationale Meeresforschung in Kiel. Biologische Abteilung Nr. 4.

# Weitere Mitteilungen

über

# quantitative Bestimmungen von Stickstoffverbindungen und von gelöster Kieselsäure im Meerwasser.

Von

Dr. **E. Raben** in Kiel.

Dazu 2 Karten.

# 1. Stickstoffverbindungen.

Im Anschluß an meine Arbeit über quantitative Bestimmung von Stickstoffverbindungen[1]) im Meerwasser habe ich in folgendem die Resultate zusammengestellt, welche die Untersuchung der im Mai, August und November 1904 auf den Terminfahrten geschöpften Wasserproben, die wie früher, mit Quecksilberchlorid vergiftet waren, ergeben hat. Zwei kleine Tabellen zeigen die Ergebnisse der Untersuchung einiger Süßwasserproben, welche im September 1904 im Dobersdorfer- und Selenter-See von Herrn Prof. Brandt geschöpft worden sind.

Ferner folgt eine kurze Zusammenstellung der Werte, welche die quantitative Bestimmung der gelösten Kieselsäure[1]) ergeben hat.

Was die Methode anbetrifft, nach welcher ich die Stickstoffverbindungen nachgewiesen, so verweise ich auf meine erste, unten zitierte Abhandlung und gebe zugleich eine kurze Beschreibung der Änderungen in der bisherigen Art und Weise der Untersuchung der vorliegenden Wasserproben.

Die von den Terminfahrten im Mai 1904 mitgebrachten Wasserproben von der Nord- und Ostsee sind nach dem Gang, den ich in meiner ersten Abhandlung beschrieben, untersucht, während sämtliche anderen Proben mit folgenden Änderungen in der Methode analysiert wurden.

Bisher verwandte ich zum Entfernen des Quecksilberchlorids, sowie als Reduktionsmittel metallisches Magnesium, welches ich aus folgenden Gründen durch Aluminium ersetzte. Nach einigen Forschern[2]) kommt es vor, daß metallisches Magnesium Stickstoffmagnesium enthält, welches bei der Destillation von Rohmagnesium entsteht. Dieses Stickstoffmagnesium $Mg_3 N_2$ setzt sich mit Wasser zu Magnesiumhydroxyd und Ammoniak um, weshalb man für N zu hohe Werte finden würde.

Ferner sind die, nach Reduktion von Nitrit plus Nitrat (Kolumne 5 der Tabellen) und Nitrit plus Nitrat plus Ammoniak (Kolumne 6 der Tabellen) erhaltenen Destillate, wieder mit Magnesiumoxyd versetzt und nochmal destilliert. Die erst aufgefangenen Destillate trübten sich sehr häufig nach Zugabe von Neßlers Reagens, was vermutlich daher rührte, daß diese Destillate Spuren eines Körpers enthielten, der zum Teil in festen, fettigen Partikelchen auf der Oberfläche des Destillats schwamm. Ich habe von dem Körper, der in Äther löslich ist, noch nicht so viel sammeln können, daß es mir möglich gewesen wäre, denselben zu identifizieren, möchte aber die Vermutung aussprechen, daß es sich vielleicht um einen hochmolekularen Alkohol der Fettreihe handeln dürfte. Natterer[3]) hat diesen Körper ebenfalls gefunden; er

---

[1]) Über quantitative Bestimmung von Stickstoffverbindungen im Meerwasser nebst einem Anhang über die quantitative Bestimmung der im Meerwasser gelösten Kieselsäure von E. Raben. Aus dem Laboratorium für internationale Meeresforschung in Kiel. Biologische Abteilung Nr. 1.

[2]) Dr. O. Dammer. Handbuch der anorganischen Chemie. II. Band, 2. Teil, 1894, Seite 434 und Deville und Caron, Comptes rendus 44, 394.

[3]) Berichte der Kommission für Erforschung des östlichen Mittelmeeres, zweite Reihe. Chemische Untersuchungen im östlichen Mittelmeer von Dr. K. Natterer. Dritte Reise S. M. Schiffes „Pola" im Jahre 1892. Seite 51 u. f.

schreibt: „Beim Destillieren ging mit den Wasserdämpfen in ganz geringer Menge eine Substanz über, welche auf dem Wasser der Vorlage in kleinen, weißen, geruchlosen, sich mit Wasser nicht benetzenden, fettigen, festen Teilchen aufschwamm. Diese Substanz, von welcher nur wenige Centigramme erhalten wurden, besaß noch folgende Eigenschaften: an freier Luft erhitzt verbrannte sie mit Flamme, ohne einen Rückstand zu hinterlassen; in einem engen, einerseits offenen Röhrchen erhitzt, entwickelte sie Dämpfe von dem Geruch überhitzter Palmitin- und Stearinsäure". Den Schmelzpunkt hat Natterer bei 98° liegend angegeben. Er meint, daß die Fette der abgestorbenen Meeresbewohner durch das alkalisch reagierende Meerwasser verseift werden, wobei sowohl das Glycerin, als auch die Fettsäuren in Lösung gehen.

Inwieweit seine Vermutungen zutreffend sind, kann sich erst herausstellen, wenn so viel von der besagten Substanz vorliegt, daß charakteristische Reaktionen vorgenommen und eine Analyse ausgeführt werden kann.

Was nun weitere Autoren, außer denen, die ich in meiner ersten Arbeit angeführt, anbetrifft, so habe ich nur zwei weitere Literaturangaben finden können.

Lenormand[1]) arbeitet nach der Methode von Schlösing. Er entnimmt eine größere Probe Meerwasser und läßt die darin vorhandenen Organismen und suspendierten Teilchen sich in Ruhe absetzen. Dann pipettiert er sich 250 ccm ab, gibt 10 gr Magnesiumoxyd hinzu, destilliert und prüft das Destillat mit Neßlers Reagens; die Untersuchung nimmt er im Kolorimeter vor. Die erhaltenen Werte schwanken von 0,03 bis 0,15 milligr. Ammoniak im Liter.

Der zweite Autor, den ich noch anführen kann, ist Frankland[2]), doch hat er nicht angegeben, welche Methode er angewendet hat, er bringt nur die Werte, welche er gefunden:

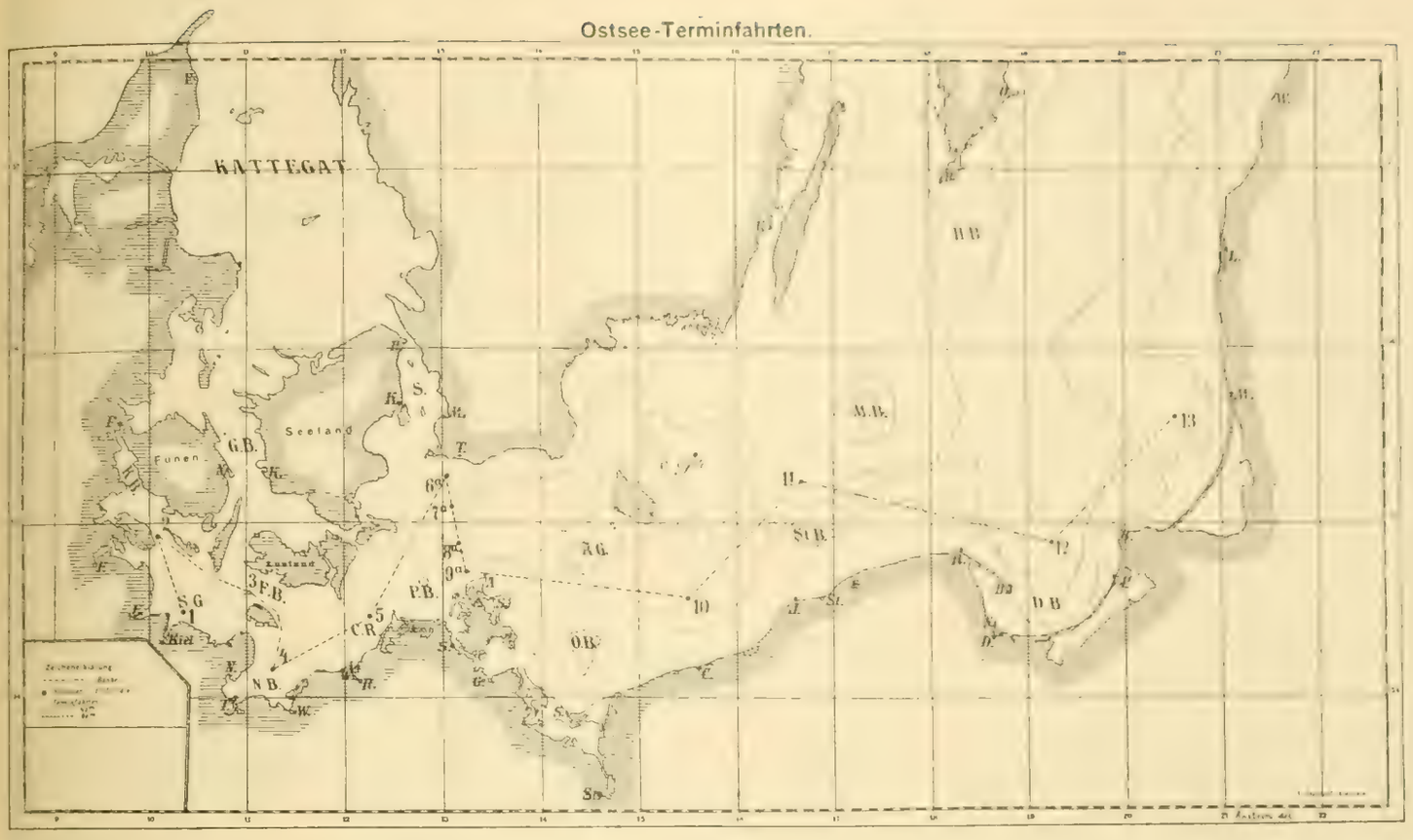
gramm in 100000 ccm water.

| Nr. | Tiefe Faden | Position | | $NH_3$ | Nitrogen as nitrates and nitrites |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N. B. | W. L. | | |
| 47 | 0 | 59° 34′ | 7° 18′ | 0,022 | 0,030 |
| „ | 542 | — | — | 0,022 | 0,032 |
| 87 | 0 | 59° 35′ | 9° 11′ | 0,017 | 0,056 |
| „ | 767 | — | — | 0,020 | 0,061 |
| 54 | 0 | 59° 56′ | 6° 27′ | 0,007 | 0,025 |
| „ | 363 | — | — | 0,004 | 0,041 |
| 64 | 0 | 61° 21′ | 3° 44′ | 0,005 | 0,043 |
| „ | 640 | — | — | 0,008 | 0,039 |

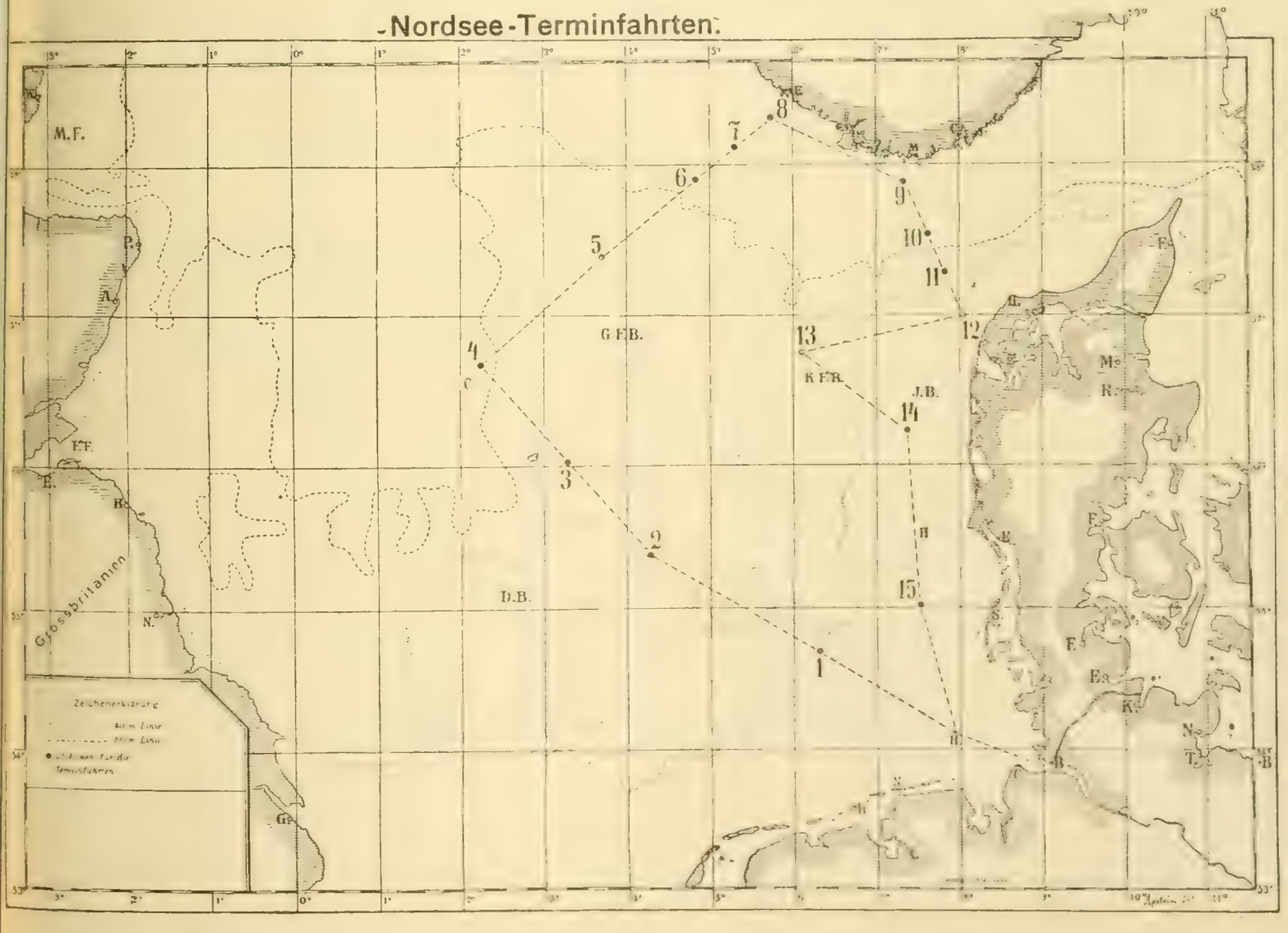
[1]) Rapports de la commission nommée par M. le préfet d'ille et vilaine à l'effet d'étudier la salubrité des parcs ostréicoles de cancale. Rennes 1904. Étude chimique par C. Lenormand. Seite 38.

[2]) The depths of the sea. Au account of the general results of the dredging cruises of H. M. SS. „Porcupine" and „Lightning" during the summers of 1868, 69 and 70. By Wyville Thomsen. Regius Professor of natural history in the university of Edinburgh and director of the civilian scientific Staff of the „Challanger exploring Expedition. London 1873. Seite 511. Appendix B. Results of the analyses of eight samples of sea-water collected during the third cruise of the „Porcupine". By Dr. Frankland.

## Ostsee-Terminfahrten.




## Nordsee-Terminfahrten.



## Nordsee. Mai 1904.

| 1 Station Nr. | 2 gelotete Tiefe m | 3 Schöpftiefe m | 4 Ammoniak als N | 5 Nitrit+Nitrat als N | 6 Gesamtstickstoff N | 7 Rubrik 4+5 N | 8 Differenz | | 9 Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Milligramm im Liter | | | | | % | |
| 1 | 40,5 | 0 | 0,089 | 0,294 | 0,352 | 0,383 | + 31 | 9 | |
| „ | — | 39 | 0,079 | 0,239 | 0,262 | 0,318 | + 56 | 21 | |
| 2 | 45 | 0 | 0,060 | 0,217 | 0,259 | 0,277 | + 18 | 7 | |
| 3 | 70 | 0 | 0,052 | 0,288 | 0,289 | 0,340 | + 51 | 18 | |
| 4 | 84 | 0 | 0,062 | 0,195 | 0,236 | 0,257 | + 21 | 9 | |
| „ | — | 80 | 0,060 | 0,263 | 0,296 | 0,323 | + 27 | 9 | |
| 5 | 65 | 0 | 0,057 | 0,254 | 0,271 | 0,311 | + 40 | 15 | |
| 6 | 98 | 0 | 0,057 | 0,260 | 0,258 | 0,317 | + 59 | 23 | |
| 7 | 310 | 0 | 0,075 | 0,175 | 0,242 | 0,250 | + 8 | 3 | |
| 8 | 360 | 0 | 0,088 | 0,190 | 0,321 | 0,278 | — 43 | 13 | |
| 9 | 436 | 0 | 0,110 | 0,207 | 0,308 | 0,317 | + 9 | 3 | |
| 10 | 241 | 0 | 0,110 | 0,152 | 0,228 | 0,262 | + 34 | 15 | |
| „ | — | 230 | 0,044 | 0,335 | 0,365 | 0,379 | + 14 | 4 | |
| 11 | 68 | 0 | 0,040 | 0,224 | 0,350 | 0,264 | + 86 | 25 | |
| 12 | 32 | 0 | 0,041 | 0,233 | 0,378 | 0,274 | + 104 | 28 | |
| 13 | 58 | 0 | 0,042 | 0,185 | 0,237 | 0,227 | — 10 | 4 | |
| 14 | 33 | 0 | 0,048 | 0,168 | 0,251 | 0,216 | — 35 | 14 | |
| 15 | 28 | 0 | 0,045 | 0,218 | 0,290 | 0,263 | — 27 | 9 | Geschöpft: |
| $\alpha$. | — | 0 | 0,114 | 0,271 | 0,358 | 0,385 | + 27 | 8 | 29. 4. 04 Elbe bei Brunsbüttel |
| $\beta$. | — | 0 | 0,197 | 0,255 | 0,416 | 0,452 | + 36 | 9 | 8. 5. 04 „ „ „ |

## Ostsee. Mai 1904.

| 1 Station Nr. | 2 gelotete Tiefe m | 3 Schöpftiefe m | 4 Ammoniak als N | 5 Nitrit+Nitrat als N | 6 Gesamtstickstoff N | 7 Rubrik 4+5 N | 8 Differenz | | 9 Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Milligramm im Liter | | | | | % | |
| 1 | 20 | 0 | 0,047 | 0,147 | 0,203 | 0,194 | — 9 | 4 | |
| „ | — | 19 | 0,046 | 0,169 | 0,198 | 0,215 | + 17 | 9 | |
| 2 | 34 | 0 | 0,050 | 0,182 | 0,230 | 0,232 | + 2 | 1 | |
| 3 | 30 | 0 | 0,049 | 0,160 | 0,216 | 0,209 | — 7 | 3 | |
| 4 | 21 | 0 | 0,067 | 0,170 | 0,222 | 0,237 | + 15 | 7 | |
| 5 | 28 | 0 | 0,063 | 0,154 | 0,217 | 0,217 | ± 0 | 0 | |
| 6 | 30 | 0 | 0,068 | 0,178 | 0,192 | 0,246 | + 54 | 28 | |
| 7 | 39 | 0 | 0,055 | 0,177 | 0,220 | 0,232 | + 12 | 6 | |
| 8 | 45 | 0 | 0,060 | 0,182 | 0,193 | 0,242 | + 49 | 25 | |
| 9 | 35 | 0 | 0,074 | 0,165 | 0,183 | 0,239 | + 56 | 31 | |
| 10 | 61 | 0 | 0,084 | 0,177 | 0,237 | 0,261 | + 24 | 10 | |
| 11 | 78 | 0 | 0,074 | 0,174 | 0,208 | 0,248 | + 40 | 19 | |
| 12 | 107 | 0 | 0,064 | 0,177 | 0,183 | 0,241 | + 58 | 32 | |
| „ | — | 105 | 0,050 | 0,195 | 0,247 | 0,245 | — 2 | 1 | |
| 13 | 65 | 0 | 0,096 | 0,169 | 0,217 | 0,265 | + 48 | 22 | |

## Stettiner Haff. August 1904.

| 1 Station Nr. | 2 gelotete Tiefe m | 3 Schöpftiefe m | 4 Ammoniak als N | 5 Nitrit+Nitrat als N | 6 Gesamtstickstoff N | 7 Rubrik 4+5 N | 8 Differenz | | 9 Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | % | |
| | | | Milligramm im Liter | | | | | | |
| A | 5 | 0 | 0,093 | 0,083 | 0,165 | 0,176 | +11 | 7 | |
| A | — | 5 | 0,096 | 0,084 | 0,156 | 0,180 | +24 | 15 | |
| B | 9 | 0 | 0,069 | 0,087 | 0,123 | 0,156 | +33 | 27 | |
| B | — | 9 | 0,072 | 0,090 | 0,130 | 0,162 | +32 | 25 | |
| B | — | 9 | 0,248 | 0,138 | 0,355 | 0,386 | +31 | 9 | Schlammwasser |
| C | 4 | 0 | 0,109 | 0,107 | 0,152 | 0,216 | +64 | 30 | |
| C | — | 4 | 0,072 | 0,064 | 0,143 | 0,136 | − 7 | 5 | Boden |

## Papenwasser. August 1904.

| 1 Station Nr. | 2 gelotete Tiefe m | 3 Schöpftiefe m | 4 Ammoniak als N | 5 Nitrit+Nitrat als N | 6 Gesamtstickstoff N | 7 Rubrik 4+5 N | 8 Differenz | | 9 Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | % | |
| | | | Milligramm im Liter | | | | | | |
| G | 4 | 0 | 0,142 | 0,097 | 0,198 | 0,239 | +41 | 20 | |
| G | — | 4 | 0,135 | 0,103 | 0,177 | 0,238 | +61 | 34 | Boden |
| G | — | 4 | 0,144 | 0,092 | 0,191 | 0,236 | +45 | 24 | Schlammwasser |
| F | 4 | 0 | 0,195 | 0,101 | 0,264 | 0,296 | +32 | 12 | |
| F | — | 4 | 0,161 | 0,100 | 0,249 | 0,261 | +12 | 5 | |

## Ostsee. August 1904.

| 1 Station Nr. | 2 gelotete Tiefe m | 3 Schöpftiefe m | 4 Ammoniak als N | 5 Nitrit+Nitrat als N | 6 Gesamtstickstoff N | 7 Rubrik 4+5 N | 8 Differenz | | 9 Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | % | |
| | | | Milligramm im Liter | | | | | | |
| 1 | 20 | 0 | 0,064 | 0,122 | 0,128 | 0,186 | +60 | 47 | |
| „ | — | 18 | 0,065 | 0,101 | 0,126 | 0,166 | +40 | 32 | |
| 2 | 34 | 0 | 0,055 | 0,097 | 0,128 | 0,152 | +24 | 19 | |
| 3 | 30 | 0 | 0,053 | 0,087 | 0,124 | 0,140 | +16 | 13 | |
| 4 | 21 | 0 | 0,047 | 0,100 | 0,120 | 0,147 | +27 | 22 | |
| 5 | 28 | 0 | 0,053 | 0,106 | 0,121 | 0,159 | +38 | 31 | |
| 6 | 30 | 0 | 0,040 | 0,096 | 0,106 | 0,136 | +30 | 28 | |
| 7 | 39 | 0 | 0,055 | 0,096 | 0,100 | 0,151 | +51 | 51 | |
| 8 | 45 | 0 | 0,055 | 0,094 | 0,150 | 0,149 | − 1 | 0 | |
| „ | — | 44 | 0,048 | 0,094 | 0,146 | 0,142 | − 4 | 3 | |
| 9 | 35 | 0 | 0,076 | 0,083 | 0,129 | 0,159 | +30 | 23 | |
| 10 | 61 | 0 | 0,051 | 0,101 | 0,119 | 0,152 | +33 | 27 | |
| 11 | 78 | 0 | 0,069 | 0,088 | 0,140 | 0,157 | +17 | 12 | |
| 12 | 107 | 0 | 0,060 | 0,091 | 0,154 | 0,151 | − 3 | 2 | |
| „ | — | 104 | 0,063 | 0,112 | 0,135 | 0,175 | +40 | 29 | |
| 13 | 65 | 0 | 0,069 | 0,083 | 0,119 | 0,152 | +33 | 27 | |

## Nordsee. August 1904.

| 1 Station Nr. | 2 gelotete Tiefe m | 3 Schöpftiefe m | 4 Ammoniak als N | 5 Nitrit+Nitrat als N | 6 Gesamtstickstoff N | 7 Rubrik 4+5 N | 8 Differenz | | 9 Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | % | |
| | | | Milligramm im Liter | | | | | | |
| 1 | 40 | 0 | 0,075 | 0,097 | 0,175 | 0,172 | — 3 | 2 | |
| ,, | — | 39 | 0,065 | 0,090 | 0,161 | 0,155 | — 6 | 4 | |
| 2 | 45 | 0 | 0,048 | 0,084 | 0,128 | 0,132 | + 4 | 3 | |
| 3 | 70 | 0 | 0,061 | 0,081 | 0,121 | 0,142 | +21 | 17 | |
| 4 | 85 | 0 | 0,034 | 0,081 | 0,127 | 0,115 | —12 | 9 | |
| ,, | — | 83 | 0,083 | 0,098 | 0,181 | 0,181 | ± 0 | 0 | |
| 5 | 64 | 0 | 0,053 | 0,081 | 0,158 | 0,134 | —24 | 15 | |
| 6 | 101 | 0 | 0,097 | 0,074 | 0,160 | 0,171 | +11 | 7 | |
| 7 | 310 | 0 | 0,065 | 0,083 | 0,145 | 0,148 | + 3 | 2 | |
| 8 | 328 | 0 | 0,044 | 0,065 | 0,123 | 0,109 | —14 | 11 | Pütze |
| ,, | — | 0 | 0,059 | 0,084 | 0,162 | 0,143 | —19 | 12 | |
| ,, | — | 310 | 0,055 | 0,171 | 0,209 | 0,226 | +17 | 8 | |
| 9 | 430 | 0 | 0,084 | 0,071 | 0,143 | 0,155 | +12 | 8 | |
| 10 | 240 | 0 | 0,061 | 0,067 | 0,145 | 0,128 | —17 | 12 | Pütze |
| 11 | 68 | 0 | 0,057 | 0,077 | 0,144 | 0,134 | —10 | 7 | ,, |
| 12 | 32 | 0 | 0,058 | 0,084 | 0,155 | 0,142 | —13 | 8 | ,, |
| 14 | 33 | 0 | 0,061 | 0,084 | 0,153 | 0,145 | — 8 | 5 | ,, |
| *a* | — | 0 | 0,102 | 0,388 | 0,471 | 0,490 | +19 | 4 | Elbe bei Brunsbüttel. Flut. 9. 8. 04. 10h 45 a. m. |

## Dobersdorfer See. September 1904.

| 1 Station Nr. | 2 gelotete Tiefe m | 3 Schöpftiefe m | 4 Ammoniak als N | 5 Nitrit+Nitrat als N | 6 Gesamtstickstoff N | 7 Rubrik 4+5 N | 8 Differenz | | 9 Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | % | |
| | | | Milligramm im Liter | | | | | | |
| 1 | — | 0 | 0,141 | 0,100 | 0,236 | 0,241 | + 5 | 2 | |
| 1 | — | 6 | 0,129 | 0,095 | 0,235 | 0,224 | —11 | 5 | |
| 1 | — | 6 | 0,135 | 0,130 | 0,274 | 0,265 | — 9 | 3 | Schlammwasser |
| 2 | — | 0 | 0,112 | 0,096 | 0,212 | 0,208 | — 4 | 2 | |
| 2 | — | Boden | 0,127 | 0,079 | 0,220 | 0,206 | —14 | 6 | |

## Selenter See. September 1904.

| 1 Station Nr. | 2 gelotete Tiefe m | 3 Schöpftiefe m | 4 Ammoniak als N | 5 Nitrit+Nitrat als N | 6 Gesamtstickstoff N | 7 Rubrik 4+5 N | 8 Differenz | | 9 Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | % | |
| | | | Milligramm im Liter | | | | | | |
| 1 | | 0 | 0,083 | 0,074 | 0,151 | 0,157 | + 6 | 4 | |
| 1 | | 8 | 0,071 | 0,072 | 0,145 | 0,143 | — 2 | 2 | Boden |
| 1 | | | 0,146 | 0,116 | 0,263 | 0,262 | — 1 | 0 | Schlammwasser |

## Ostsee. November 1904.

| 1 Station Nr. | 2 gelotete Tiefe m | 3 Schöpftiefe m | 4 Ammoniak als N | 5 Nitrit+Nitrat als N | 6 Gesamtstickstoff N | 7 Rubrik 4+5 N | 8 Differenz | | 9 Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | % | |
| | | | Milligramm im Liter | | | | | | |
| 1 | 20,5 | 0 | 0,045 | 0,068 | 0,114 | 0,113 | — 1 | 1 | |
| 2 | 33,5 | 0 | 0,045 | 0,072 | 0,109 | 0,117 | + 8 | 7 | |
| 3 | 35 | 0 | 0,042 | 0,061 | 0,103 | 0,103 | + 0 | 0 | |
| 4 | 23,5 | 0 | 0,047 | 0,064 | 0,104 | 0,111 | + 7 | 7 | |
| 5 | 28,5 | 0 | 0,042 | 0,070 | 0,098 | 0,112 | + 14 | 14 | |
| 6 | 30 | 0 | 0,042 | 0,089 | 0,124 | 0,131 | + 7 | 6 | |
| 7 | 33 | 0 | 0,053 | 0,063 | 0,116 | 0,116 | ± 0 | 0 | |
| 8 | 45 | 0 | 0,083 | 0,072 | 0,139 | 0,155 | + 16 | 12 | |
| 9 | 34 | 0 | 0,055 | 0,072 | 0,128 | 0,127 | — 1 | 1 | |
| 11 | 77 | 0 | 0,049 | 0,073 | 0,112 | 0,122 | + 10 | 9 | |
| 12 | 100 | 0 | 0,047 | 0,068 | 0,117 | 0,115 | — 2 | 2 | |
| „ | | 97 | 0,038 | 0,072 | 0,099 | 0,110 | + 11 | 11 | |

## Nordsee. November 1904.

| 1 Station Nr. | 2 gelotete Tiefe m | 3 Schöpftiefe m | 4 Ammoniak als N | 5 Nitrit+Nitrat als N | 6 Gesamtstickstoff N | 7 Rubrik 4+5 N | 8 Differenz | | 9 Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | % | |
| | | | Milligramm im Liter | | | | | | |
| α | — | 0 | 0,096 | 1,058 | 1,109 | 1,154 | + 45 | 41 | Elbe bei Brunsbüttel. 24.11.04. $9^{15}$ h. p. |
| A | 20 | 0 | 0,064 | 0,112 | 0,175 | 0,176 | + 1 | 0 | Elbfeuerschiff I |
| B | 30 | 0 | 0,110 | 0,047 | 0,156 | 0,157 | + 1 | 0 | $54^0$ 0′ $8^0$ 0′ |
| 1 | 39 | 0 | 0,035 | 0,097 | 0,102 | 0,132 | + 30 | 29 | |
| 1 | — | 38 | 0,038 | 0,064 | 0,099 | 0,102 | + 3 | 3 | |
| 2 | 41 | 0 | 0,043 | 0,058 | 0,101 | 0,101 | ± 0 | 0 | |
| 3 | 69 | 0 | 0,029 | 0,095 | 0,106 | 0,124 | + 18 | 17 | |
| 4 | 86 | 0 | 0,028 | 0,077 | 0,099 | 0,105 | + 6 | 6 | |
| 4 | — | 84,5 | 0,028 | 0,112 | 0,135 | 0,140 | + 5 | 4 | |
| 5 | 64 | 0 | 0,022 | 0,082 | 0,099 | 0,104 | + 5 | 5 | |
| 6 | 100 | 0 | 0,036 | 0,115 | 0,158 | 0,151 | — 7 | 5 | |
| 7 | 289 | 0 | 0,028 | 0,111 | 0,150 | 0,139 | — 11 | 7 | |
| 7 | — | 285 | 0,035 | 0,182 | 0,201 | 0,217 | + 16 | 8 | |
| 8 | 338 | 0 | 0,029 | 0,123 | 0,154 | 0,152 | — 2 | 2 | |
| 9 | 436 | 0 | 0,140 | 0,118 | 0,260 | 0,258 | — 2 | 1 | ! |
| 10 | 232 | 0 | 0,042 | 0,115 | 0,145 | 0,157 | + 12 | 8 | |
| 11 | 59 | 0 | 0,036 | 0,116 | 0,140 | 0,152 | + 8 | 6 | |
| 12 | 31 | 0 | 0,042 | 0,107 | 0,138 | 0,149 | + 11 | 8 | |
| 13 | 43 | 0 | 0,045 | 0,096 | 0,139 | 0,141 | + 2 | 2 | |
| 14 | 32 | 0 | 0,042 | 0,101 | 0,137 | 0,143 | + 6 | 4 | |
| 15 | 25 | 0 | 0,045 | 0,100 | 0,120 | 0,145 | + 25 | 21 | |

## 2. Kieselsäure.

Da ich übersehen hatte, die Resultate der von mir ausgeführten Kieselsäurebestimmungen vom Jahre 1902 in meiner ersten Arbeit zu veröffentlichen, habe ich dieselben in umstehender Tabelle zusammen mit denen des Jahres 1904 gebracht, soweit die Proben des letzten Jahres analysiert waren; zugleich gebe ich die Analysenergebnisse der drei Wasserproben aus den beiden Süßwasserseen.

Sämtliche gefundenen Werte sind nach dem in meiner ersten Arbeit angegebenem Verfahren ermittelt; es wurde wiederum die Vorsicht gebraucht, den als Kieselsäure angesprochenen Rückstand, sobald derselbe nicht ganz weiß war, mittelst Flußsäure abzurauchen. Frankland[1]), welcher die von der „Porcupine" geschöpften Proben auch auf Kieselsäure untersucht hat, gibt folgende Werte an:

gramm in 100000 ccm water.

| Nr. | Tiefe Faden | Position | | $SiO_2$ |
|---|---|---|---|---|
| | | N. B. | W. L. | |
| 47 | 0 | 59° 34′ | 7° 18′ | 0,90 |
| 47 | 542 | — | — | — |
| 87 | 0 | 59° 35′ | 9° 11′ | 2,10 |
| 87 | 767 | — | — | 1,10 |
| 54 | 0 | 59° 56′ | 6° 27′ | 0,75 |
| 54 | 363 | — | — | 0,10 |
| 64 | 0 | 61° 21′ | 3° 44′ | 0,30 |
| 64 | 640 | — | — | 0,10 |

Diese von ihm gefundenen Zahlen erweisen sich bis auf zwei Stationen — Nr. 54, 363 Faden und Nr. 64, 640 Faden — als sehr unwahrscheinlich. Er hat nicht angegeben, in welcher Art er die Wasserproben verarbeitet hat; ferner hat er keine Angaben gemacht, wie die von ihm untersuchten Proben aufbewahrt waren, in Blechgefäßen oder in Glasflaschen, wenn letzteres zutreffend auch nicht wie lange das Wasser sich in diesen Flaschen befunden hat, bis die Analyse ausgeführt wurde. Endlich ist aus dem Text seiner Arbeit auch nicht zu ersehen, ob das Wasser in frisch geschöpftem Zustande filtriert war, was aus früher angeführten Gründen unbedingt nötig. Man kann also wohl annehmen, daß die Zahlen die er gefunden, unbedingt viel zu hoch sind. Entweder hat der Rückstand, den er als Kieselsäure bezeichnet, nicht aus reiner $SiO_2$ bestanden, oder er hat nicht die im Meerwasser gelöste $SiO_2$ bestimmt, insofern als dieselbe mit der $SiO_2$ der Organismen, derselben aus dem Flaschenglas und sonstigen Verunreinigungen vermengt war.

[1]) loc. cit. unter Stickstoffverbindungen.

## Kieselsäurebestimmung in den in den Jahren 1902 und 1904 auf den Terminfahrten geschöpften Wasserproben.

| Nordsee | | | | | | | Ostsee | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Milligramm im Liter | | | | | | | | Milligramm im Liter |
| Jahr | Station | | | | $SiO_2$ | | Jahr | Station | | | | | $SiO_2$ |
| 1902 | August . . . Station | 14 | 0 | m | 1,03 | | 1902 | August . . . Station | 12 | 0 | m | | 0,973 |
| | „ | 14 | 34 | „ | 1,23 | | | „ | 12 | 105 | „ | | 1,49 |
| | November . „ | 2 | 0 | „ | 0,763 | | | November . „ | 7 | 41 | „ | | 1,27 |
| | „ | 2 | 39 | „ | 0,570 | | | „ | 12 | 0 | „ | | 1,10 |
| | „ | 8 | 0 | „ | 0,930 | | | „ | 12 | 104 | „ | | 1,36 |
| 1904 | Februar . . . „ | 1 | 0 | „ | 0,733 | | 1904 | Februar . . . „ | 1 | 0 | „ | | 0,80 |
| | „ | 1 | 39 | „ | 0,60 | | | „ | 1 | 19 | „ | | 0,83 |
| | „ | 14 | 0 | „ | 0,70 | | | „ | 8 | 0 | „ | | 0,90 |
| | „ | 14 | 29 | „ | 0,67 | | | „ | 8 | 43 | „ | | 0,87 |
| | Mai . . . . . „ | 1 | 0 | „ | 0,73 | | | „ | 12 | 0 | „ | | 0,93 |
| | „ | 1 | 39 | „ | 0,80 | | | „ | 12 | 105 | „ | | 1,76 |
| | „ | 4 | 0 | „ | 0,63 | | | März . . . . Heulboje | | | | | 0,83 |
| | „ | 10 | 0 | „ | 0,63 | | | Mai . . . . . Station | 1 | 0 | „ | | 0,64 |
| | „ | 10 | 230 | „ | 0,77 | | | „ | 1 | 19 | „ | | 0,64 |
| | August . . . „ | 1 | 0 | „ | 0,966 | | | „ | 11 | 0 | „ | | 0,47 |
| | „ | 1 | 38 | „ | 1,13 | | | „ | 11 | 76 | „ | | 0,57 |
| | „ | 4 | 0 | „ | 0,90 | | | „ | 12 | 0 | „ | | 0,80 |
| | „ | 4 | 83 | „ | 0,80 | | | „ | 12 | 105 | „ | | 0,83 |
| | „ | 8 | 0 | „ | 0,86 | | | August . . . „ | 1 | 0 | „ | | 0,78 |
| | „ | 8 | 310 | „ | 0,97 | | | „ | 1 | 18 | „ | | 1,07 |
| | | | | | | | | „ | 8 | 0 | „ | | 0,94 |
| | September Dobersdorfer See | | | | | | | Stettiner Haff C. | 0 | „ | | | 1,166 |
| | Station | 1 | 0 | m | 0,57 | | | Papenwasser F. | 0 | „ | | | 5,40 |
| | „ | 2 | 0 | „ | 0,43 | | | | | | | | |
| | Selenter See | | | | | | | | | | | | |
| | Station | 1 | 0 | „ | 0,40 | | | | | | | | |

# Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen

herausgegeben

von der

## Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel

und der

## Biologischen Anstalt auf Helgoland.

---

Im Auftrage des

Königl. Ministeriums für Landwirtschaft, Domänen und Forsten und des Königl. Ministeriums der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten.

---

**Neue Folge. Achter Band.**

**Abteilung Kiel.**

Mit 5 Tafeln, 4 Karten, 15 graphischen Darstellungen, 31 Tabellen und 286 Figuren und Karten im Text.

**Kiel** und **Leipzig.**
Verlag von Lipsius & Tischer.
1905.

## Verlag von Lipsius & Tischer in Kiel und Leipzig.

# Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen.

Herausgegeben von der

**Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel**

und der

**Biologischen Anstalt auf Helgoland.**

**Neue Folge. Gr. 4°.**

Band I, Heft 1. 1894. VI, 404 Seiten mit 7 Tafeln und 41 Figuren im Text. ℳ 30.—.
do. Heft 2. 1896. XIII, III, 191 S. mit 71 Abbildungen im Text, 8 Tabellen, 4 Tafeln und 1 Karte. ℳ 20.—.
Band II, Heft 1, Abt. 1. 1896. 324 Seiten mit 6 Tafeln und 4 Figuren im Text. ℳ 25.—.
do. do. Abt. 2. 1897. III, 255 Seiten mit 19 Tafeln und 32 Figuren im Text. ℳ 35.—.
do. Heft 2. 1897. 101 Seiten mit 20 Tafeln und 4 Figuren im Text. ℳ 16.—.
Band III, Abt. Helgoland, Heft 1. 1899. 125 Seiten mit 8 Tafeln und 46 Figuren im Text. ℳ 20.—.
do. do. Heft 2. 1900. III, 280 Seiten mit 6 Tafeln, 20 Figuren im Text und zahlreichen Tabellen. ℳ 30.—.
do. Abt. Kiel. 1898. III, 157 Seiten mit 3 Tafeln und 12 Figuren im Text. ℳ 16.—.
Band IV, Abt. Helgoland, Heft 1. 1900. 140 Seiten mit 2 Tafeln und 11 Figuren im Text. ℳ 15.—.
do. do. Heft 2. 1900. III, 123 Seiten mit 8 Tafeln, 1 Karte und 4 Figuren im Text. ℳ 20.—.
do. Abt. Kiel. 1899. III, 253 Seiten mit 1 Tafel und 226 Figuren im Text. ℳ 20.—.
Band V, Abt. Helgoland, Heft 1. 1902. 56 Seiten mit 3 Tafeln und 11 Figuren im Text. ℳ 6.—.
do. do. Heft 2. 1904. 59 Seiten mit 8 Figuren im Text ℳ 5.—.
do. Abt. Kiel, Heft 1. 1900. 96 Seiten mit 1 Tafel, 1 Karte und 183 Figuren im Text. ℳ 8.—.
do. do. Heft 2. 1901. III, 170 S. mit 1 Tafel, 1 Karte und 96 Figuren im Text. ℳ 16.—.
Band VI, Abt. Kiel. 1902. 234 Seiten mit 6 Tafeln und 14 Figuren im Text. ℳ 20.—.
do. Abt. Helgoland, Heft 1. 1904. 126 Seiten mit 2 Tafeln und 17 Abbildungen im Text. ℳ 10.—
do. do. Heft 2. 1904. 72 Seiten mit 14 Tafeln und 1 Abbildung im Text. ℳ 15.—.
Band VII, Abt. Helgoland, Heft 1. 1905. 78 Seiten mit 3 Tafeln und 5 Abbildungen im Text. ℳ 8.—.
do. Abt. Kiel. 1903. III, 145 Seiten mit 7 Tafeln und 1 Figur. ℳ 14.—.
Band VIII, Abt. Kiel. Ergänzungsheft 1903, IV. 157 Seiten mit 257 Abbildungen im Text. ℳ 15.—.

## Jahresbericht der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere.

**I. Jahrgang 1871.** Mit 1 Seekarte und 1 Tafel Abbildungen. 1873. Fol. (178 S.) ℳ 15.—.
**II./III. Jahrgang 1872, 1873.** Mit 1 Seekarte, 16 Kupfertafeln und 9 Karten zur Fischerei-Statistik. 1875. Fol. (380 S.) ℳ 40.—.

**Sonderausgaben:**

**Physik des Meeres.** Von Dr. H. A. Meyer. . . . . ℳ 6.—.
**Luft des Meerwassers.** Von Dr. O. Jacobsen. . . . . „ 2.—.
**Botanische Ergebnisse.** Von Dr. P. Magnus. . . . . „ 4.—.
**Zoologische Ergebnisse.** Mit 6 Tafeln. . . . . „ 20.—.
**Physikalische Beobachtungen.** Von Dr. G. Karsten. . . . ℳ 2.—.
**Befischung der deutschen Küsten.** Von Dr. V. Hensen. . „ 10.—.
**Die Diatomaceen.** Von Ad. Schmidt. 1. Folge. Mit 3 Kupfertafeln. . . . . „ 4.—.

**IV.—VI. Jahrgang 1874, 1875, 1876.** Mit 10 Tafeln und 1 graph. Darstellung. 1878. Fol. (294 und 24 S.) ℳ 36.—.

*sowie die Fortsetzung davon unter dem Titel:*

## Bericht der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel.

**Vierter Bericht für die Jahre 1877–1881.** 1884. Fol. (382 S.) ℳ 49.—.
I. Abteilung 1882. (184 S.) „ 25.—.
II. „ 1883. (128 S.) „ 12.—.
III. „ 1884. (70 S.) „ 12.—.
**Fünfter Bericht für die Jahre 1885—1886.** 1887. (158 S.) „ 25.—.
**Sechster Bericht für die Jahre 1887—1891.** 1. Heft 1889. (XI, 102 S.) „ 12.—.
„ „ „ „ „ „ „ 2. „ 1890. (46 S.) „ 5.—.
„ „ „ „ „ „ „ 3. „ 1893. (108 S.) „ 10.—.

## Ergebnisse der Beobachtungsstationen an den deutschen Küsten.

**Jährlich 12 Hefte.** Quer-Folio. **Jahrgang 1873—1893.** à Jahrg. ℳ 12.—.

## Atlas deutscher Meeresalgen

Von Professor Dr. **Reinke** in Kiel.

**1. Heft 1889.** Fol. (38 S. und 25 Taf.) ℳ 30.—. **2. Heft, Lfg. 1 und 2, 1891.** Fol. (20 S. und 10 Taf.) ℳ 12.—.
**2. Heft, Lfg. 3—5, 1892.** Fol. (20 S. und 15 Taf.) ℳ 18.—.

## Biologische Beobachtungen bei künstlicher Aufzucht des Herings der westlichen Ostsee.

Von Dr. **H. A. Meyer.**

Im Anschluß an die Abhandlung VII im IV.—VI. Jahresberichte der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel. 8°. (20 S.) ℳ 1.—.

## Gemeinfassliche Mitteilungen aus den Untersuchungen der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere.

Herausgegeben im Auftrage des Königlichen Ministeriums für Landwirtschaft, Domänen und Forsten.
Mit 1 lithographischen Tafel. 1880. 8°. (56 S.) ℳ 1.50.

## Die Fische der Ostsee.

Von Dr. **K. Möbius** und **Fr. Heincke.**

Mit Abbildungen aller beschriebenen Arten und einer Verbreitungskarte. 8°. (206 S.) (Sonder-Abdruck aus dem IV. Bericht der Kommission zur Untersuchung der deutschen Meere in Kiel.) ℳ 5.—.

Demnächst erscheint:

## Tierleben der Hochsee.

Reisebegleiter für Seefahrer von Dr. **C. Apstein** in Kiel.

112 Seiten und 174 Abbildungen. Preis ca. ℳ 2.—.

Seit Herbst 1892 erscheinen im Verlage von **Lipsius & Tischer** in **Kiel** und **Leipzig:**

# Ergebnisse

der

## in dem Atlantischen Ocean

von Mitte Juli bis Anfang November 1889

ausgeführten

# Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung

auf Grund von

**gemeinschaftlichen Untersuchungen einer Reihe von Fach-Forschern**

herausgegeben von


**Victor Hensen,**

Professor der Physiologie in Kiel.


Auf dieses für die Wissenschaft hochbedeutsame Werk erlauben wir uns ganz ergebenst aufmerksam zu machen.

Das Werk genügt, abgesehen von seiner hohen Bedeutung für die Wissenschaft, was äußere Ausstattung, Papier, Druck, künstlerische Vollendung und Naturtreue der Illustrationen und Tafeln anbelangt, den höchsten Anforderungen. Auf die Ausführung haben wir ganz besondere Sorgfalt verwandt und mit der Herstellung der Tafeln sind nur erste Kunstanstalten betraut worden.

In die Reisebeschreibung sind eine große Anzahl von Bildern, nach Originalzeichnungen des Marinemalers Richard Eschke, der an der Expedition teilgenommen, eingestreut.

Es ist uns zur Zeit noch nicht möglich, hinsichtlich einer genauen Preisangabe für das ganze Werk bindende Angaben zu machen. Die Preisnormierung wird ganz von dem jedesmaligen Umfang der einzelnen Abhandlungen, von den Herstellungskosten der Tafeln und den Schwierigkeiten, die mit der Vervielfältigung derselben verbunden sind, abhängig sein. Doch wird bei der Drucklegung des Werkes die dem ganzen Unternehmen gewährte Unterstützung auch auf die Preisnormierung nicht ohne Einfluß sein und dürfen die für derartige Publikationen üblichen Kosten nicht überschritten werden.

Die Abonnenten, welche sich für die Abnahme des **ganzen Werkes** verpflichten, also in erster Linie Bibliotheken, botanische und zoologische Institute, Gelehrte etc. haben Anspruch auf einen um **10 Prozent ermäßigten Subskriptionspreis** und sollen deren Namen bei Ausgabe des Schlußheftes in einer Subskribentenliste veröffentlicht werden. Um ein wirklich vollständiges Verzeichnis der Abnehmer zu erhalten, ersuchen wir dieselben, die **Bestellung** direkt an uns einsenden zu wollen, auch wenn die **Lieferung** nicht direkt von uns, sondern durch eine andere Buchhandlung gewünscht wird. Im letzteren Falle werden wir, dem Wunsche der Subskribenten gemäß, die Lieferung der bezeichneten Buchhandlung überweisen. Behufs näherer Orientierung steht ein umfassender Prospekt kostenlos und portofrei zu Diensten.

**Die im nachstehenden Inhaltsverzeichnis unterstrichenen Abteilungen sind bis jetzt (Mai 1905) erschienen:**

| Teil-bezeichnung | | Preis: Für Abnehmer des Ganzen | | Preis: Bei Einzelbezug | |
|---|---|---|---|---|---|
| A. | Reisebeschreibung nebst Anfügungen einiger Ergebnisse der Untersuchungen | 27 | — | 30 | — |
| B. | Methodik der Untersuchungen | 21 | 60 | 24 | — |
| C. | Geophysikalische Beobachtungen | 9 | — | 10 | — |
| D. | Fische | | | | |
| E. a. A. | Thaliaceen | 1 | 80 | 2 | — |
| E. a. B. | Verteilung der Salpen | 6 | 75 | 7 | 50 |
| E. a. C. | Verteilung der Doliolen | 7 | 75 | 8 | 60 |
| E. b. | Pyrosomen | 10 | 80 | 12 | — |
| E. c. | Appendicularien | 27 | — | 30 | — |
| F. a. | Cephalopoden | | | | |
| F. b. | Pteropoden | | | | |
| F. c. | Heteropoden | | | | |
| F. d. | Gastropoden mit Ausschluss der Heteropoden und Pteropoden | 30 | — | 33 | 50 |
| F. e. | Acephalen | 5 | 40 | 6 | — |
| F. f. | Brachiopoden | 1 | 80 | 2 | — |
| G. a. | Halobatiden und Halacarinen | 14 | 40 | 16 | — |
| G. b. | Decapoden und Schizopoden | 12 | 60 | 14 | — |
| G. c. | Isopoden, Cumaceen und Stomatopoden | 12 | 60 | 14 | — |
| G. d. | Cladoceren und Cirripedien | 6 | 75 | 7 | 50 |
| G. e. I. | Amphipoden I. Teil. Hyperiidea I. | 20 | — | 22 | 20 |
| G. e. II. | „ II. Teil | | | | |
| G. f. | Copepoden | | | | |
| G. g. | Ostracoden | | | | |
| H. a. | Rotatorien | | | | |
| H. b. | Alciopiden und Tomopteriden | 14 | 40 | 16 | — |
| H. c. | Pelagische Phyllodociden und Typhloscoleciden | 9 | — | 10 | — |
| H. d. | Pelagische Polychaeten und Achaetenlarven | 6 | 75 | 7 | 50 |
| H. e. | Sagitten | | | | |
| H. f. | Polycladen | 1 | 80 | 2 | — |
| H. g. | Turbellaria acoela | 5 | 40 | 6 | — |
| J. | Echinodermenlarven | 15 | — | 16 | 60 |
| K. a. | Ctenophoren | 4 | 50 | 5 | — |
| K. b. | Siphonophoren | 14 | 40 | 16 | — |
| K. c. | Craspedote Medusen | 12 | 60 | 14 | — |
| K. d. | Akalephen | 7 | 20 | 8 | — |
| K. e. | Anthozoen | 28 | 80 | 32 | — |
| L. a. | Tintinnen | | | | |
| L. b. | Holotriche und peritriche Infusorien, Acineten | | | | |
| L. c. | Foraminiferen | | | | |
| L. d. | Thalassicollen, koloniebildende Radiolarien | | | | |
| L. e. | Spumellarien | | | | |
| L. f. α | Acanthometra | 21 | 60 | 24 | — |
| L. f. β | Acantharien | | | | |
| L. g. | Monopylarien | | | | |
| L. h. | Tripyleen | 12 | 60 | 14 | |
| L. h. α | Tripyleen Radiolorien | | | | |
| L. i. | Taxopoden und neue Protozoën-Abteilungen | | | | |
| M. a. A. | Peridineen, allgemeiner Teil | 34 | 20 | 38 | — |
| M. a. B. | Peridineen, spezieller Teil | | | | |
| M. b. | Dictyocheen | | | | |
| M. c. | Pyrocysteen | | | | |
| M. d. | Bacillariaceen | | | | |
| M. e. | Halosphaereen | | | | |
| M. f. | Schizophyceen | 9 | — | 10 | |
| M. g. | Bakterien des Meeres | 5 | 40 | 6 | — |
| N. | Cysten, Eier und Larven | 10 | — | 11 | 20 |
| O. | Übersicht und Resultate der quantitativen Untersuchungen | | | | |
| P. | Oceanographie des atlantischen Oceans | | | | |
| Q. | Gesamt-Register | | | | |

Sofort nachdem durch die grundlegenden Arbeiten Hensens das Interesse an Planktonstudien erweckt war, machte sich der Mangel eines Werkes fühlbar, das in übersichtlicher Form Auskunft über die das Plankton zusammensetzenden Organismen erteilt. Das Bedürfnis dafür wurde noch mehr empfunden, als weitere Kreise sich bei der Erforschung des Planktons beteiligten nnd so die Zahl der dasselbe zusammensetzenden Arten in ungeahnter Weise vermehrten. Da die Literatur sehr zerstreut, kaum dem Spezialforscher genügend bekannt und zugänglich ist, konnte es nicht ausbleiben, daß dieselben Arten mehrfach beschrieben und benannt wurden und Meinungsverschiedenheiten auftauchten, die nur durch umständlichen Austausch der Objekte selbst beizulegen waren. So stellte sich die Notwendigkeit heraus, ein Werk zu schaffen, das die heutige Kenntnis der Planktonformen in einer Weise festlegt, die nicht nur dem Zoologen und Botaniker, sondern allen, die Interesse und Freude am Plankton des Meeres haben, Gelegenheit gibt, sich darüber zu unterrichten. Dieser Forderung soll das Buch entsprechen, das wir hiermit anzukündigen die Ehre haben:

# Nordisches Plankton

herausgegeben von

Professor Dr. **K. Brandt** und Dr. **C. Apstein** in Kiel,

unter Mitwirkung von Gelehrten, von denen jeder für die von ihm übernommene Abteilung als Autorität gelten kann. Die Auswahl derselben und die reiche Gliederung des Stoffes bietet Gewähr für möglichste Vollständigkeit und kritische Behandlung. Für jede Spezie wird im Text eine Abbildung gegeben und zwar in erster Linie ein gutes Habitusbild, eventuell auch eine Zeichnung der charakteristischen Merkmale. Wenn auch dadurch Umfang und Preis des Werkes erhöht werden, so wird doch andererseits erst durch die Beifügung der Abbildungen das Werk allgemein brauchbar. Um den Umfang des Werkes nicht ins Ungemessene zu vergrößern, werden ausschließlich diejenigen marinen Arten von Planktonorganismen berücksichtigt, die nördlich von 50° N. Br. vorkommen. Die Beschränkung auf das schon einigermaßen bekannte nördliche Meeresgebiet erhöht die Übersichtlichkeit und Brauchbarkeit des Ganzen, das ebenso dem erfahrenen Planktonforscher als Nachschlagewerk, wie dem Neuling zur ersten Einführung empfohlen werden kann.

Das Werk wird sich aus folgenden Teilen zusammensetzen, die je nach Fertigstellung der Manuskripte vorläufig in einzelnen Lieferungen herausgegeben werden. (Die unterstrichenen Abteilungen sind bereits erschienen.)

I. Fischlarven und Eier. 1. Teil.
do. do. 2. Teil.
II. Cysten, Eier usw.
III. Dolioliden.
Salpen.
Appendicularien.
Ascidienlarven.
IV. Cephalopoden.
Pteropoden.
Heteropoden.
V. Schneckenlarven.
Muschellarven.
VI. Decapoden.
Schizopoden.
Isopoden.
Amphipoden.
VII. Ostracoden.
Cladoceren.
VIII. Cirripedienlarven.
Copepoden.
IX. Echinodermenlarven.
Cyphonautes.
Brachiopodenlarven.
X. Rotatorien.
Planarien.
Anneliden.
Annelidenlarven.
Chaetognathen.
XI. Ctenophoren.
Siphonophoren.
Acraspeden.
XII. Craspedoten.
XIII. Tintinnen.
Sticholonche.
XIV. Foraminiferen.
XV. Tripyleen.
XVI. Acantharien. 1. Teil.
— — 2. Teil.
Thalassicollen.
Coloniebild. Radiolarien.
XVII. Andere Spumellarien.
Nassellarien.
XVIII. Peridineen.
XIX. Diatomeen.
XX. Schizophyceen.
XXI. Flagellatae, Chlorophyceae, Coccosphaerales u. Silicoflagellatae.
Mit einem Nachtrag.

Zur Subskription auf dieses Werk laden hierdurch ergebenst ein

**Kiel,** Falckstraße 9.

**Lipsius & Tischer**
**Verlags- und Sortiments-Buchhandlung.**

Druck von Schmidt & Klaunig, Kiel.

NORTHEAST
LIBRARY BINDING CO. INC.
APR 1979
MEDFORD, MASS.

MBL WHOI Library - Serials
5 WHSE 03012